



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

**ANALÝZA SPOTŘEBY VODY VE VODOVODNÍ SÍTI
VALAŠSKÉHO MEZIŘÍČÍ**

ASSESSMENT OF DRINKING WATER CONSUMPTION IN THE WATER SUPPLY NETWORK
OF THE VALAŠSKÉ MEZIŘÍČÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. David Fučík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN RUČKA, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. David Fučík
Název	Analýza spotřeby vody ve vodovodní síti Valašského Meziříčí
Vedoucí práce	Ing. Jan Ručka, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] Ďaďo, S. a kol.: Měření průtoku a výšky hladiny, Technická literatura BEN, ISBN 80-7300-156-X, Praha, 2005
- [2] Farley, M., Trow, S.: Losses in Water Distribution Networks, IWA Publishing, 2003
- [3] Smith, L. A., Fields, K. A., Chen, A. S. C., Tafuri, A. N.: Options for Leak and Break Detection and Repair of Drinking Systems, Battelle Press, 2000
- [4] Tuhovčák, Adler, Kučera, Raclavský: Vodárenství, VUT v Brně, 2006

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro vybrané měřicí okrsky vodovodní sítě Valašského Meziříčí bude provedena analýza časové řady odtoků vody z vodojemu do vodovodní sítě. Následně budou vyhodnoceny základní ukazatele spotřeby vody a minimální noční průtok. Pro každý měřicí okrsek budou také stanoveny základní ukazatele ztrát vody, včetně ILI. Práce bude obsahovat část analytickou, textovou a grafickou.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Jan Ručka, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá analýzou časové řady odtoků z vodojemu a vyhodnocením minimálních nočních průtoků ve vodovodní síti města Valašské Meziříčí. V teoretické části této práce byla zpracována rešerše české i zahraniční literatury, která se zaměřuje na problematiku analýzy spotřeby vody, měření a vyhodnocování minimálních nočních průtoků a metod stanovení ztrát vody v distribučních systémech. Praktické část pak obsahuje analýzu odtoků vody z vodojemů, vyhodnocení minimálních nočních průtoků a stanovení základních ukazatelů ztrát vody pro vybrané měřicí okrsky dané sítě. Výše zmíněná vodovodní síť je provozována společností Vak Vsetín, a.s.

KLÍČOVÁ SLOVA

Analýza spotřeby vody, minimální noční průtoky, ztráty vody, úniky vody, FAVAD, vodovodní síť

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the analysis of the time series of drains from the water reservoir and evaluation of the minimum night flow in the water supply network of the town of Valašské Meziříčí. In the theoretical part of this thesis were elaborated research of Czech and foreign literature focusing on drinking water consumption analysis, measurement and evaluation of minimum night flow and methods of determination of water losses in distribution systems. The practical part includes analysis of water outflows from reservoirs, evaluation of minimum night flow and determination of basic water loss indicators for selected district metered areas of the network. The above-mentioned water supply network is operated by the Vak Vsetín, a.s.

KEYWORDS

Assessment of water consumption, minimum night flow, water losses, water leakage, FAVAD, water supply network

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. David Fučík *Analýza spotřeby vody ve vodovodní síti Valašského Meziříčí*. Brno, 2018. 100 s., 9 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2019

Bc. David Fučík
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 11. 1. 2019

Bc. David Fučík
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Ručkovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc, cenné rady a připomínky při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval zaměstnancům společnosti Vak Vsetín, a. s. za poskytnutá data, potřebná ke zpracování této práce.

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
1.1	Cíl práce.....	4
2	SPOTŘEBA A ZTRÁTY VODY	5
2.1	Analýza spotřeby.....	5
2.1.1	Základní terminologie.....	5
2.1.2	Základní ukazatele spotřeby vody a jejich výpočet	5
2.1.3	Koeficienty nerovnoměrnosti.....	6
2.1.4	Základní proměnné	7
2.1.5	Časové průběhy spotřeby vody	8
2.1.6	Tlakové poměry	9
2.2	Ztráty vody	9
2.2.1	Základní terminologie ztrát.....	10
2.2.2	Rozdělení ztrát dle IWA	11
2.2.3	Základní ukazatele ztrát vody a metody jejich stanovení	12
2.2.4	Ztráty vody v České republice	21
2.2.5	Skutečné a zdánlivé ztráty	22
3	MINIMÁLNÍ NOČNÍ PRŮTOKY	29
3.1	Měření MNP	30
3.2	District Metered Area.....	30
3.2.1	Navrhování DMA	31
3.3	Vyhodnocení MNP	33
3.3.1	Úrovně dekompozice MNP	33
3.3.2	Koncept FAVAD	37
3.3.3	Stanovení denní míry úniku	39
4	VYHODNOCENÍ SPOTŘEBY VODY V DANÉ LOKALITĚ	41
4.1	Popis zájmového území.....	41
4.2	Popis vodárenského systému	42
4.3	Měřicí okrsky (DMA)	44
4.4	Analýza spotřeby vody	49
4.5	Minimální noční průtok	62
4.5.1	Přehled MNP	62
4.6	Dekompozice MNP.....	63
4.6.1	Výpočet běžné noční spotřeby	64
4.6.2	Výpočet skrytých úniků	66
4.6.3	Ztráty způsobené poruchami potrubí	68
4.7	Vyhodnocení MNP ve spotřebišti Valašské Meziříčí	69
4.7.1	Výsledky dekompozice MNP ve spotřebišti Valašského Meziříčí	75

4.8	Hodnoty ukazatelů ztrát spotřebiště Valašského Meziříčí	76
5	DISKUZE	81
6	ZÁVĚR	86
7	POUŽITÁ LITERATURA.....	87
	SEZNAM TABULEK	91
	SEZNAM OBRÁZKŮ	93
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	95
	SEZNAM PŘÍLOH	99
	SUMMARY	100

1 ÚVOD

Diplomová práce se zabývá problematikou analýzy spotřeby vody, společně s problematikou minimálních nočních průtoků ve vodovodní síti. Tyto odvětví spolu úzce souvisí při určování množství ztrát vody ve vodárenských systémech.

V roce 2017 bylo v České republice zásobováno z vodovodů 10,027 milionu obyvatel, tj. 94,7 % z celkového počtu obyvatel. V daném roce bylo vyrobeno celkem 603,8 mil. m³ pitné vody. Množství vody fakturované celkem (VFC) činilo 482,0 mil. m³ a ztráty pitné vody (ZV) dosáhly 97,8 mil. m³, tj. 16,4 % z vody určené k realizaci (VVR). Spotřeba vody, při srovnání s předešlým rokem, lehce vzrostla. [1]

Celkového objemu vody, který se nachází na naší planetě, je více než dost, avšak převážná většina nemůže být použita pro pitné účely. Zhruba 97,5 % z celkového objemu tvoří voda slaná, ze zbylých 2,5 % jsou více než dvě třetiny zmrazeny v ledovcích. Dostupné zásoby pitné vody tak představují méně než 1 % z celkového objemu. [3]

Se stále se zvyšujícím populačním růstem a z něj pramenících nároků na zemědělské zavlažování, zástavbu a těžební činnost, roste i poptávka po vodě. Z toho důvodu je potřebná vyšší dodávka vody z podzemních zdrojů, jejíž regenerační schopnost je však velmi nízká. Americký Národní úřad pro letectví a kosmonautiku (NASA) odhalil alarmující úbytky u třetiny ze sedmatřiceti největších podzemních zásob sladké vody, což může ohrozit stovky milionů lidí. Podzemní zdroje vody pokrývají více než 35 % spotřeby obyvatelstva. K problémům s vodou přispívá i hydrologická bilance, a to především nadnormální teplotní poměry s nižšími srážkovými poměry v posledních letech na území České republiky. [3], [5]

V souvislosti z výše zmíněnými problémy si všechny vodárenské společnosti kladou cíl, kterým je dlouhodobé snižování ztrát v trubní síti v maximální možné míře. Snižování ztrát vody v České republice se daří, v horizontu uplynulých 20 let dochází k výraznému poklesu ztrát vody v trubní síti. Pokles ztrát vody by však nebyl možný bez pravidelných investic do vodohospodářské infrastruktury a využívání nejmodernějších technologií a postupů. Na snižování ztrát vody, které jsou způsobené úniky z distribuční sítě, se podílejí především praktické kroky jednotlivých vodárenských společností a rozšiřování nových technologií. Jedná se např. o členění zásobovaného území do menších distriktů, instalaci kvalitních vodoměrů pro měření a vyhodnocování MNP, přenos těchto informací formou GMS do dispečinků vodárenských společností, kde dochází k průběžnému vyhodnocování nočních odběrů. [6]

Pokud není předpoklad zvyšování spotřeby vody v dlouhodobém časovém horizontu, vodárny přistupují ke snižování provozního tlaku v dané síti, což vede nejen ke snížení ztrát vody, ale i k prodloužení životnosti vodovodní sítě z důvodu jejího nižšího namáhání. [6]

Snižování ztrát vody v trubní síti má nejen pozitivní dopad na provozní náklady provozovatelů vodovodů a kanalizací, ale vyjadřuje i skutečnost, že provozovatelé navracejí prostředky získané z vodného a stočného nejen do výstavby, ale i obnovy vodohospodářské infrastruktury. Snižování ztrát vody v trubní síti má rovněž pozitivní dopad na povrchové a především podzemní zdroje vod, které slouží jako zdroj vody pro výrobu vody pitné,

a představuje tak jeden ze základních nástrojů prevence a odstraňování nepříznivých dopadů sucha na území ČR. [6]

1.1 CÍL PRÁCE

V rámci diplomové práce byla pro vybrané měřicí okrsky vodovodní sítě Valašského Meziříčí provedena analýza časové řady odtoků vody z vodojemu do vodovodní sítě. Následně byly vyhodnoceny základní ukazatele spotřeby vody a byly stanoveny jednotlivé složky minimálního nočního průtoku pro vybrané měřicí okrsky. Pro dané měřicí okrsky byly dále stanoveny základní ukazatele ztrát vody, včetně ukazatele ILI (Index ztrát infrastruktury). Práce obsahuje část analytickou, textovou a grafickou.

2 SPOTŘEBA A ZTRÁTY VODY

Následující kapitola obsahuje shrnutí základních informací o analýze spotřeby vody a ztrátách vody z distribučních systémů vodovodních sítí.

2.1 ANALÝZA SPOTŘEBY

Analýza spotřeby vody se provádí pro stanovení základních informací o dané vodovodní síti. Mezi tyto informace patří stanovení průměrné a maximální denní spotřeby vody a maximální hodinové spotřeby vody. Dalším výstupem jsou průměrné průběhy odtoků z vodojemu pro jeden den. Některé z vyhodnocených dat je možné použít dále, jako vstupní data k dalšímu vyhodnocování vodovodní sítě jako např. vyhodnocení ztrát vody a jejich dekompozice na jednotlivé složky.

2.1.1 Základní terminologie

- **spotřeba vody (water consumption)** – jedná se o množství vody skutečně odebrané z vodovodního zařízení za určité časové období, [4]
- **potřeba vody (water demand)** – jedná se o množství vody udávané za časovou jednotku potřebné ve zdroji pro zajištění dodávky vody pro odběratele, stanovuje se většinou výpočtem, návrhová hodnota pro návrh jednotlivých částí (prvků) distribučního systému, [4]
- **specifická potřeba vody (water demand per capita per day)** – jedná se o množství vody za jednotku času připadající na jednoho obyvatele nebo na jednotku charakterizující určitý výrobní nebo nevýrobní proces [4]

2.1.2 Základní ukazatele spotřeby vody a jejich výpočet

2.1.2.1 Průměrná denní potřeba vody (average water demand) - Q_p

Jedná se o výpočtovou hodnotu, kterou získáme součinem stanovené specifické potřeby vody a počtu zásobených obyvatel. Nejčastěji se udává v l za s nebo v m³ za den. [4]

$$Q_p = q_{spec} \cdot PO \quad [l \cdot s^{-1}; m^3 \cdot den^{-1}] \quad (2.1)$$

kde

Q_p ... průměrná denní potřeba vody [$l \cdot s^{-1}$; $m^3 \cdot den^{-1}$]

q_{spec} ... specifická potřeba vody [$l \cdot os^{-1} \cdot den^{-1}$]

PO ... počet zásobených obyvatel

2.1.2.2 Maximální denní potřeba vody (maximum water demand per day) - Q_m

Průměrná denní potřeba vody Q_p násobená koeficientem denní nerovnoměrnosti k_d . Potřeba vody kolísá v průběhu roku i týdnů, hodnoty k_d jsou závislé na velikosti a charakteru spotřebiště. Nejčastěji se udává v l za s nebo v m^3 za den. [4]

$$Q_m = Q_p \cdot k_d \quad [l \cdot s^{-1}; m^3 \cdot den^{-1}] \quad (2.2)$$

kde

Q_m ... maximální denní potřeba vody [$l \cdot s^{-1}$; $m^3 \cdot den^{-1}$]

Q_p ... průměrná denní potřeba vody [$l \cdot s^{-1}$; $m^3 \cdot den^{-1}$]

k_d ... koeficient denní nerovnoměrnosti [-]

2.1.2.3 Maximální hodinová potřeba vody (maximum water demand per hour) - Q_h

Největší potřeba vody po dobu jedné hodiny ve dnech s maximální denní potřebou, stanoví se z maximální denní potřeby vody Q_m , kterou násobíme koeficientem hodinové nerovnoměrnosti k_h . Udává se v l za s nebo v m^3 za hodinu. [4]

$$Q_h = Q_m \cdot k_h \quad [l \cdot s^{-1}; m^3 \cdot hod^{-1}] \quad (2.3)$$

kde

Q_h ... maximální hodinová potřeba vody [$l \cdot s^{-1}$; $m^3 \cdot hod^{-1}$]

Q_m ... maximální denní potřeba vody [$l \cdot s^{-1}$; $m^3 \cdot den^{-1}$]

k_h ... koeficient hodinové nerovnoměrnosti [-]

2.1.3 Koeficienty nerovnoměrnosti

Pomocí těchto koeficientů se stanovují špičkové hodnoty potřeby vody.

2.1.3.1 Koeficient denní nerovnoměrnosti k_d

Hodnoty koeficientu se pohybují v intervalu 1,1–1,6 v závislosti na velikosti a charakteru spotřebiště. U rozsáhlých spotřebišť (tlakových pásem) jsou hodnoty nižší, naopak u menších spotřebišť nabývá koeficient vyšších hodnot. [4]

2.1.3.2 Koeficient hodinové nerovnoměrnosti k_h

Hodnoty koeficientu se pohybují v intervalu 1,5–2,5. Vyšší hodnoty jsou doporučený pro spotřebiště tzv. sídlištního charakteru. Hodnoty jsou také rozdílné pro pracovní a nepracovní dny. [4]

2.1.4 Základní proměnné

Analýzu spotřeby vody zpracovává zpravidla provozovatel vodovodu. V dané analýze stanovuje většinou následující proměnné za příslušný rok. Z proměnných lze následně stanovit specifická spotřeba vody. [4]

Popis základních proměnných:

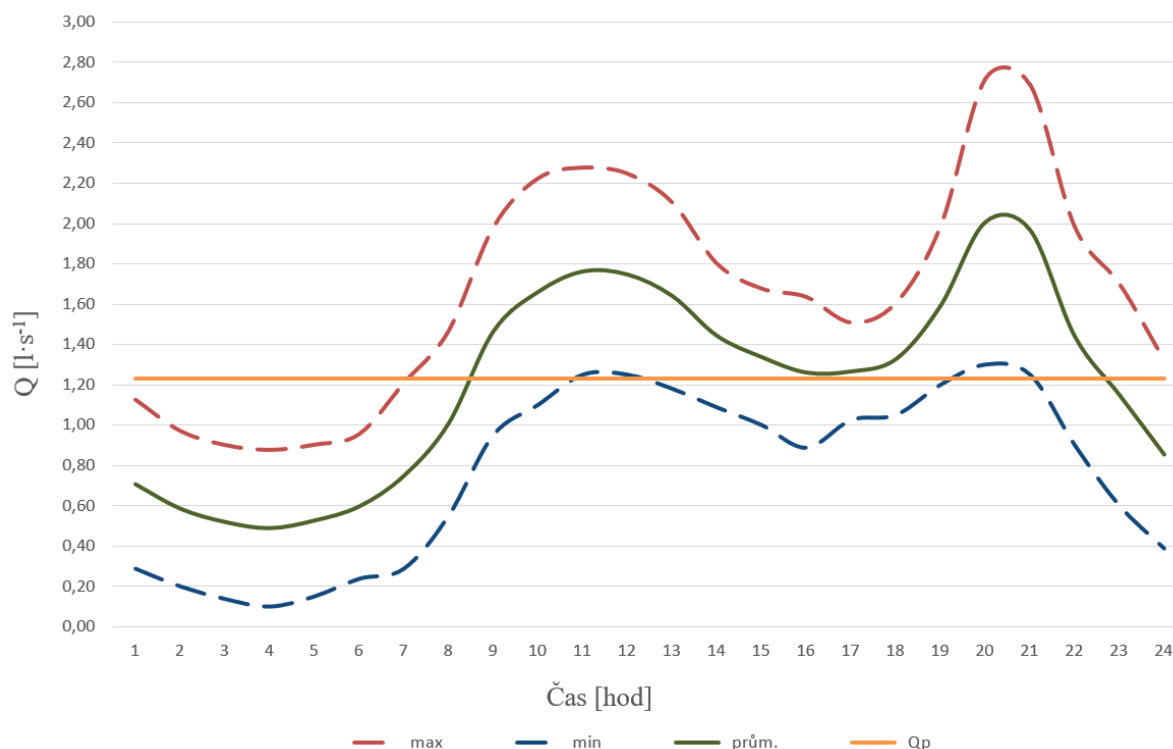
- **Zásobování obyvatelé (ZO)** – Jedná se o počet obyvatel, kteří jsou zásobováni pitnou vodou z veřejného vodovodního systému. [4]
- **Autorizovaná spotřeba** – Jedná se o roční objem odebrané vody (měřené a neměřené vody) registrovanými zákazníky, dodavatelem vody a dalšími, kteří jsou k tomu oprávněni. [12]
- **Voda vyrobená k realizaci (VVR)** – Objem vody, převážně z vlastních zdrojů, který je dodáván do distribučního systému. [12]
- **Voda fakturovaná celkem (VFC)** – Jedná se o fakturované (zaplacené) množství vody z objemu, který vstupuje do distribučního systému (VVR). VFC se skládá ze součtu vody fakturované domácnostem (VFD) a vody fakturované ostatním odběratelům (VFO). [12]
- **Voda fakturovaná domácnostem (VFD)** – Množství vody, které je zaplaceno obyvatelstvem. [4]
- **Voda fakturovaná ostatním odběratelům (VFO)** – Množství vody, které je zaplaceno ostatními odběrateli, např. průmysl nebo zemědělství. [4]
- **Voda nefakturovaná (VNF)** – Součet objemu autorizované nefakturované spotřeby, zdánlivých ztrát a skutečných ztrát. Tuto hodnotu lze také určit jako rozdíl mezi objemem vody, který vstupuje do distribučního systému (VVR) a fakturovanou spotřebou vody [12]
- **Ztráty vody (ZV)** – Rozdíl mezi objemem vody, který vstupuje do vodovodního systému (VVR) a objemem autorizovaného odběru vody (spotřeba vody). [12]
- a) **Vlastní spotřeba (VS)** – Množství vody, které provozovatel vodovodního systému využívá pro vlastní účely. Může se jednat např. o proplachování vodovodů, oplachy používané techniky aj.

2.1.5 Časové průběhy spotřeby vody

Časový průběh spotřeby je závislý na vodě, která odtéká z vodojemu a je dále spotřebována ve vodovodní síti jednotlivými odběrateli. Množství této vody je měřeno vodoměrem, který bývá umístěn na odtoku z vodojemu. Množství vody, které je pak odebráno jednotlivými odběrateli z dané vodovodní sítě je měřeno vodoměrem, který je osazen na vodovodní přípojce k odběrnému místu (např. rodinný dům) nebo je určeno z tzv. směrných čísel roční potřeby vody, která jsou uvedena ve vyhlášce č. 120/2011 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů.

Na obrázku 1 je znázorněný časový průběh odtoku vody z vodojemu neboli časový průběh spotřeby vody z vodovodní sítě za den tj. 24 hodin. Z průběhu je patrné, že nejnižší hodnoty odběru jsou v nočních hodinách, konkrétně mezi 2:00 – 4:00, kdy většina obyvatel spí. Dále vidíme ranní nárůst, jedná se o dobu, během které většina obyvatel vstává a chystá se do práce. Následuje denní kolísání až se dostáváme k maximálnímu dennímu odběru, který nastává mezi 19:00 – 21:00. V poslední fázi křivka klesá a dostává se na svoji počáteční hodnotu (tj. začátek grafu). [4]

Průběh odtokové křivky je ovlivňován např. tím, zda se jedná o pracovní či nepracovní dny, umístěním a velikostí zásobované oblasti a dalšími faktory.



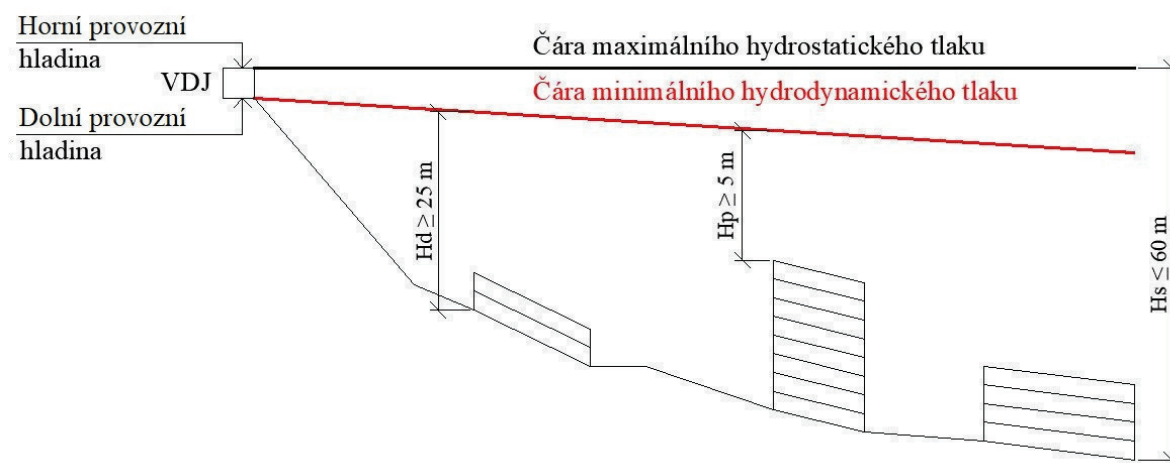
Obrázek 1 – Ukázka časového průběhu spotřeby vody ve vodovodní síti

2.1.6 Tlakové poměry

Voda je do spotřebiště přivedena potrubím, které je vedeno z vodojemu. Ten bývá umístěn nad zástavbou zásobovaného území. Důvodem pro umístění vodojemu do vyšších míst je to, aby byly dodrženy tlakové poměry v celé vodovodní síti. Dle technických požadavků na stavbu vodovodu dle vyhlášky č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů se uplatňuje § 15, kterým je dáno, že: [7]

- Maximální přetlak v nejnižších místech vodovodní sítě každého tlakového pásma nesmí převyšovat hodnotu 0,6 MPa. V odůvodněných případech se může zvýšit na 0,7 MPa,
- Při zástavbě do dvou nadzemních podlaží hydrodynamický přetlak v rozvodné síti musí být v místě připojení vodovodní přípojky nejméně 0,15 MPa. Při zástavbě nad dvě nadzemní podlaží nejméně 0,25 MPa

Na obrázku 2 je znázorněno základní schéma tlakových poměrů ve vodovodní síti, které jsou ovlivněny volbou výšky, do které je vodojem umístěn.



Obrázek 2 – Technické požadavky na tlakové poměry ve vodovodní síti

2.2 ZTRÁTY VODY

Následující kapitole je obsaženo rozdělení a základní terminologii ztrát, rozdělení ztrát podle IWA (International Water Association). Dále jsou v kapitole uvedeny základní ukazatele ztrát vody a metody jejich stanovení a závěrem jsou popsány ztráty vody v České republice s uvedením některých ukazatelů ztrát vody pro vybrané vodárenské společnosti. Ztráty vody se vyskytují ve všech distribučních systémech, mění se pouze množství těchto ztrát, které je závislé na charakteristikách potrubní sítě a dalších místních faktorech, dále na podpůrné praxi vodárenských společností a na úrovni technologií a odborných znalostí používaných pro její řízení.

Ztráty objemu vody se v jednotlivých zemích a mezi jednotlivými regiony značně liší. Ve vyspělých zemích tvoří úniky vody z vodovodní sítě obvykle hlavní složkou ztrát

vody. Toto však většinou neplatí v rozvojových nebo částečně rozvinutých zemích, kde síť obsahuje ilegální napojení, chybná měřidla a dále vznikají významné chyby v účetnictví. To bylo potvrzeno v průzkumu, kterým bylo pověřeno mezinárodní vodárenské sdružení v roce 1991.

Výrazy "ztráta vody" a "voda nefakturovaná" jsou nyní mezinárodně uznávány a nahrazují dříve používané výrazy, které jsou méně konzistentní a které ztěžují srovnání mezi zeměmi. [2]

Například množství ztrát vody v Chorvatsku se pohybuje kolem 60–70 % z VVR. Důvodem je to, že tamní vodárenské společnosti neplatí podnikům Povodí za objem vody odebrané, avšak za objem vody, který se rovná objemu vody fakturované, čímž není vyvíjen tlak na obnovu distribučních systémů. [8]

2.2.1 Základní terminologie ztrát

- **Minimální noční průtok (Minimum Night Flow)** – Jedná se o hodnotu průtoku, který protéká v síti měřicího okrsku v časovém úseku, kdy je průtok minimální. To nastává v nočních hodinách převážně v rozmezí 01:00 – 04:00. [9]
- **Ztráty vody (Water Losses)** – Rozdíl mezi objemem vody, který vstupuje do vodovodního systému (VVR) a objemem autorizovaného odběru vody (spotřeba vody). Ztráty vody jsou tvořeny skutečnými ztrátami a zdánlivými ztrátami. [12]
- **Zdánlivé ztráty (Apparent Losses)** – Jedná se o neautorizované (nelegální) odběry vody. Dále nastávají při nepřesnostech spojených s měřením, chybách odečtu a fakturačních procesech. [12]
- **Skutečné ztráty (Real Losses)** – Roční objem ztrát způsobený všemi typy úniků vody, úniky vody přes netěsnosti a praskliny z vodovodní sítě, z vodojemů, z vodovodních přípojek (úsek od řadu až po vodoměr) atd. [12]
- **Skryté ztráty (Background Leakage)** – Jedná se o nehlášené množství vody, které ze sítě uniká převážně z netěsností ve spojích potrubí, tvarovek a armatur. Problémem je to, že jsou tyto ztráty nedetekovatelné pomocí tradičních akustických zařízení [12]
- **Měřicí okrsky (DMA)** – Jedná se o hydraulicky oddělené tlakové pásmo z dané vodovodní sítě. Každý měřicí okrsek by měl mít v ideálním případě pouze jeden napájecí uzel s měřením průtoku. Délka řadu by neměla přesahovat hodnotu 20 km. [10]

2.2.2 Rozdělení ztrát dle IWA

Vzhledem k široké různorodosti formátů a definic používaných pro výpočty vodní bilance v mezinárodním měřítku (často však i v rámci téže země), byla naléhavě nutné stanovit mezinárodní systém pro výpočet této bilance. Mezinárodní asociace vody (Internation Water Association) vytvořila standardní systém („nejlepší praxe“) pro bilanční vykazování ztrát vody (tabulka 1) s definicemi všech zahrnutých komponentů. Vytvoření tohoto systému bylo významným krokem vpřed z hlediska vykazování ztrát. Tento systém byl zveřejněný v roce 2000 a od té doby je používán stále větším počtem zemí. S drobnými úpravami jej doporučují mnohé odborné organizace. [2], [13]

Zkrácené definice hlavních složek bilance vody dle IWA jsou následující: [2]

- Objem vody, který do systému vstupuje se rovná objemu vody vyrobené k realizaci
- Autorizovaná spotřeba je roční objem měřené a neměřené vody odebrané zákazníky a měřené a neměřené nefakturované vody, která je odebírána dodavatelem vody a ostatními, kteří jsou k tomu oprávněni. Autorizovaná spotřeba zahrnuje i vodu předanou.
- Voda nefakturovaná je rozdíl mezi objemem vody, který vstupuje do systému a vodou fakturovanou, obsahuje nefakturovanou autorizovanou spotřebu a ztráty vody
- ztráty vody představují rozdíl mezi objemem vody, který vstupuje do systému a autorizovanou spotřebou, jsou tvořeny zdánlivými a skutečnými ztrátami.
- Zdánlivé ztráty se skládají z neautorizovaných (neoprávněných) odběrů a všech typů chyb (nepřesností) měření
- skutečné ztráty jsou roční ztráty způsobené všemi typy úniků jako jsou praskliny na síti, na vodojemech a vodovodních přípojkách

Základem pro stanovení jednotlivých složek jsou data za roční období (12 celých měsíců), tento „dlouhý“ časový horizont snižuje četnost vzniklých nepřesností. [21]

Tabulka 1 – Systém bilančního vykazování ztrát vody dle IWA [14]

A	B	C	D	E
Voda vyrobená k realizaci [m ³ /rok]	Autorizovaná spotřeba [m ³ /rok]	Autorizované odběry fakturované [m ³ /rok]	Voda měřená (včetně vody předané) [m ³ /rok]	Voda fakturovaná [m ³ /rok]
			Voda neměřená [m ³ /rok]	
		Autorizované odběry nefakturované [m ³ /rok]	Měřené nefakturované odběry [m ³ /rok]	Voda nefakturovaná [m ³ /rok]
			Neměřené nefakturované odběry [m ³ /rok]	
	Ztráty vody [m ³ /rok]	Zdánlivé ztráty [m ³ /rok]	Neautorizované odběry [m ³ /rok]	
			Chyby měření [m ³ /rok]	
		Skutečné ztráty [m ³ /rok]	Skutečné ztráty při úpravě vody [m ³ /rok]	
			Ztráty vody v distribuční síti [m ³ /rok]	
			Ztráty vody ve vodojemech [m ³ /rok]	
			Ztráty vody na přípojkách [m ³ /rok]	

2.2.3 Základní ukazatele ztrát vody a metody jejich stanovení

Níže uvedené ukazatele patří k základním způsobům výpočtu ztrát vody.

2.2.3.1 % VNF – procento vody nefakturované

Jedná se o poměr objemu vody nefakturované celkem (VNF_{celkem}) a vody vyrobené k realizaci (VVR), výsledná hodnota je udávána v procentech. % VNF je často používaný ukazatel provozovateli v ČR. Jeho nespornou výhodou je jednoduché stanovení a nízká náročnost na vstupní data, která má k dispozici každý provozovatel. Nevýhodou % VNF je nedostatečné vystižení skladby a typu vodovodní sítě a také to, že nebere v úvahu technický stav dané sítě. [10]

$$VNF = \frac{VNF_{celkem}}{VVR} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2.4) [10]$$

kde

VNF ... procento vody nefakturované [%]

VNF_{celkem} ... množství vody nefakturované [m³·rok⁻¹]

VVR ... množství vody vyrobené k realizaci [m³·rok⁻¹]

2.2.3.2 JÚVNF – jednotkový únik vody nefakturované

Jedná se o poměr vody nefakturované (VNF) z dané vodovodní sítě a přepočítané délky potrubí o dimenzi 150 mm (L_{přep.}). Výsledná hodnota je udávána v m³ na km za rok. V porovnání s % VNF je JÚVNF přesnějším způsobem pro vyjádření ztrát vody. Jako nevýhodu můžeme považovat to, že musí být známa skladba sítě. Ukazatel nezahrnuje vliv tlaku ve vodovodní síti. [15]

$$JÚVNF = \frac{VNF}{L_{přep.}} \quad [m^3 \cdot km^{-1} \cdot rok^{-1}] \quad (2.5) [15]$$

kde

JÚVNF ... jednotkový únik vody nefakturované [m³·km⁻¹·rok⁻¹]

VNF ... množství vody nefakturované [m³·rok⁻¹]

L_{přep.} ... přepočtená délka potrubí o DN 150 [km]

Přepočítanou délku potrubí vodovodní sítě stanovíme jako součet přepočítaných délek podle rovnice 2.6.

$$L_{přep} = \sum K_i \cdot L_i \quad [km] \quad (2.6) [15]$$

kde

L_{přep} ... přepočtená délka potrubí o DN 150 [km]

K_i ... koeficient pro přepočet délky řadů

L_i ... skutečná délka sítě se stejným DN

Podle rovnice 2.7 se stanoví koeficient přepočtu délky K. Tento koeficient se stanovuje zvlášť pro každé DN.

$$K_i = \frac{DN_i}{DN_{150}} \quad [-] \quad (2.7) [15]$$

kde

K_i ... koeficient pro přepočet délky řadů [-]

DN_i ... skutečné DN potrubí, pro které stanovujeme koeficient přepočtu

DN₁₅₀ ... potrubí o DN 150

2.2.3.3 VNFP – voda nefakturovaná na přípojku

Množství vody nefakturované na přípojku se stanoví z celkového množství vody nefakturované v dané vodovodní síti a z počtu vodovodních přípojek na této síti. Je jedním ze základních ukazatelů dle IWA. [16]

$$VNFP = \frac{VNF \cdot 10^3}{PP \cdot 365} \quad [l \cdot př^{-1} \cdot den^{-1}] \quad (2.8) [16]$$

kde

VNFP ... množství vody nefakturované na vodovodní přípojku [$l \cdot př^{-1} \cdot den^{-1}$]

VNF ... množství vody nefakturované [$m^3 \cdot rok^{-1}$]

PP ... počet vodovodních přípojek [ks]

2.2.3.4 ILI – index ztrát infrastruktury

Index ztrát infrastruktury (infrastructure leakage index = ILI) je definován jako podíl tzv. *skutečných ztrát* (current annual real losses = CARL) a *teoreticky nevyhnutelných ztrát* (unavoidable annual real losses = UARL). Objem UARL představuje nejnížší technicky dosažitelné roční ztráty pro dobře udržovanou a spravovanou vodovodní síť. [17]

Skutečné ztráty (SZ) určují objem vody nefakturované bez vlastní spotřeby, tedy bez vody, která je potřebná např. k proplachům vodovodní sítě, k čištění cisteren pro dodávky pitné vody aj. Jednotka těchto ztrát se udává v $l \cdot příp^{-1} \cdot den^{-1}$. Skutečné ztráty jsou tvořeny součtem ztrát ve vodovodní síti, ztrát na přípojkách a ve vodojemech. [15]

Teoreticky nevyhnutelná ztráta (TNZ) je reálně nejnížší možná dosažitelná hodnota reálných ztrát za rok, která platí pro ideálně provozovanou a udržovanou vodovodní síť. Dané ztráty jsou závislé na provozním tlaku a počtu napojených přípojek. Teoreticky nevyhnutelné ztráty se udávají ve stejných jednotkách jako skutečné ztráty, tj. $l \cdot příp^{-1} \cdot den^{-1}$. Pro jejich výpočet je možné použít rovnici 2.10 nebo 2.11 a nebo je možné odečtení hodnoty z grafu (obrázek 3), který vyjadřuje závislost TNZ dle počtu přípojek na 1 km řadu a hodnotě provozního tlaku ve vodovodní síti. [15]

Mezinárodní Asociace Vody vyvinula ILI. Používání tohoto ukazatele je doporučováno Agenturou životního prostředí (Environmental Protection Agency = EPA), Americkou asociací vodních děl (American Water Works Association = AWWA) a Mezinárodní asociací vody (International Water Association = IWA). [17]

$$ILI = \frac{CARL}{UARL} = \frac{SZ}{TNZ} [-] \quad (2.9) [15]$$

kde

ILI ... index ztrát infrastruktury [-]

SZ (CARL) ... skutečné ztráty (current annual real losses) [$l \cdot příp^{-1} \cdot den^{-1}$]

TZN (UARL) ... teoreticky nevyhnutelné ztráty (unavoidable annual real losses) [$l \cdot příp^{-1} \cdot den^{-1}$]

TNZ lze vypočítat z následujících rovnic:

$$TNZ = 18 \cdot L_m + P \cdot N_s \frac{0,8 + 25 \cdot L_p}{1000} \quad [\text{l} \cdot \text{den}^{-1}] \quad (2.10) [15]$$

kde

TZN ... teoreticky nevyhnutelné ztráty $[\text{l} \cdot \text{den}^{-1}]$

L_m ... délka vodovodní sítě $[\text{km}]$

P ... průměrný provozní tlak $[\text{m v.sl.}]$

N_s ... počet vodovodních přípojek $[\text{ks}]$

L_p ... průměrná délka vodovodní přípojky $[20]$

Další způsob výpočtu TNZ lze použít, za předpokladu, že zná provozovatel celkovou délku všech vodovodních přípojek. Rovnice číslo 2.11.

$$TNZ = (6,57 \cdot L_m + 0,256 \cdot N_c + 9,13 \cdot L_t) \cdot P \quad [\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (2.11) [15]$$

kde

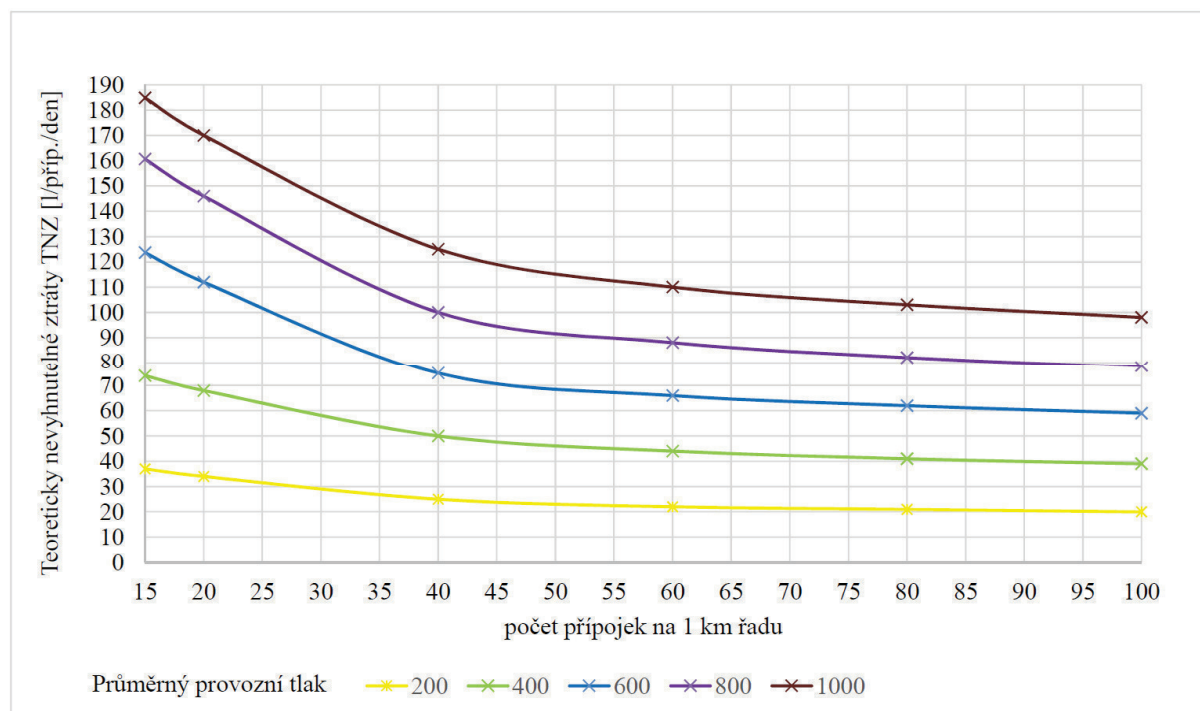
TZN ... teoreticky nevyhnutelné ztráty $[\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}]$

L_m ... délka vodovodní sítě $[\text{km}]$

N_c ... počet vodovodních přípojek $[\text{ks}]$

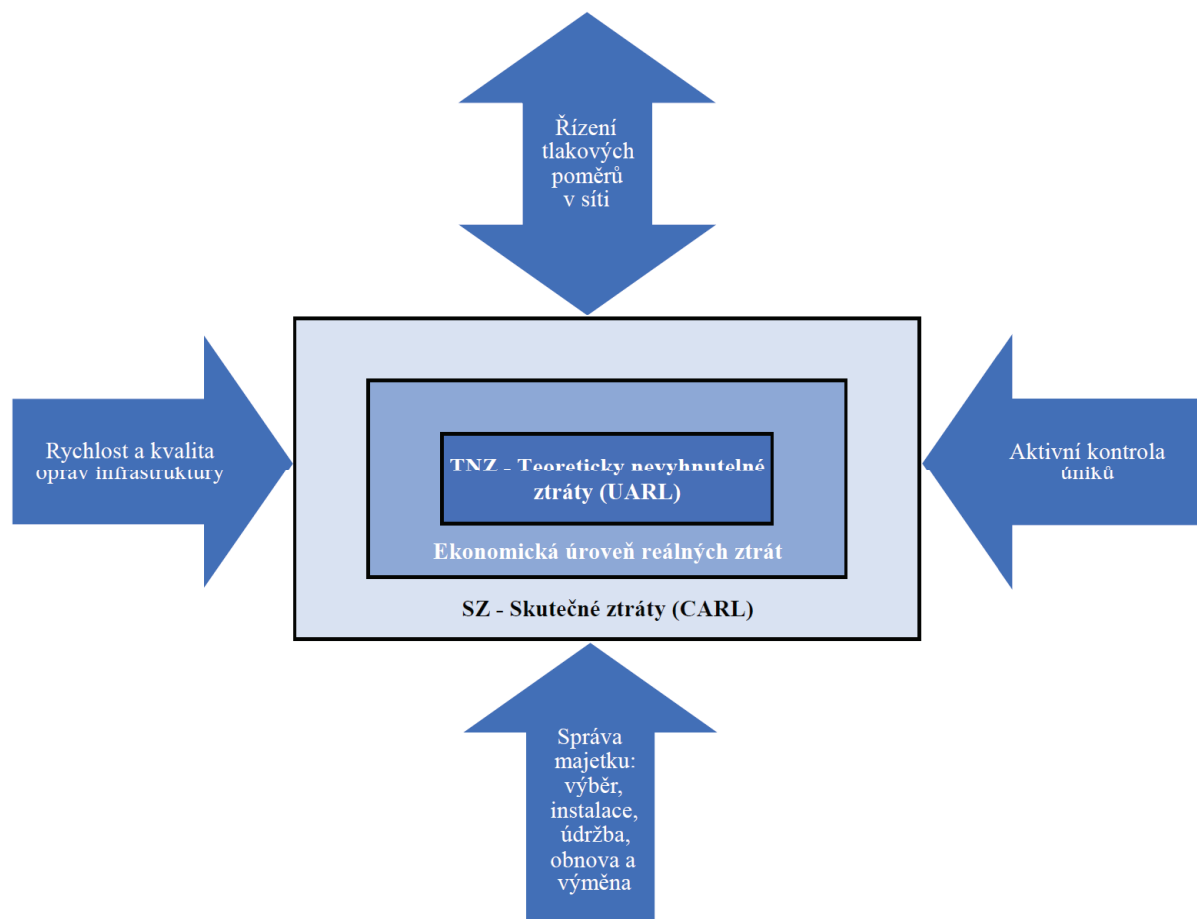
L_t ... celková délka vodovodních přípojek $[\text{km}]$

P ... průměrný provozní tlak $[\text{m v.sl.}]$



Obrázek 3 – Závislost TNZ na hustotě přípojek a provozním tlaku [15]

Na obrázku 4 vidíme vstupy (modré šipky), které nám ovlivňují míru ztrát v síti. Jedná se o řízení tlakových poměrů v síti, aktivní kontrola úniků, rychlost a kvalita oprav infrastruktury a správu majetku. Při ideálním řízení těchto vstupů neboli činnostech lze dosáhnout snížení skutečných ztrát až na tzv. ekonomickou úroveň reálných ztrát. Teoreticky lze snížit reálné ztráty až na hodnotu teoreticky nevyhnutelných ztrát, v takovém případě platí, že $ILI = 1,0$. [18]



Obrázek 4 – TNZ, SZ a jejich ovlivňující činnosti [18]

V tabulce 2 vidíme rozdělení indexu ILI do čtyř základních kategorií A–D. Pro každou z nich je určeno rozmezí, ve kterém se pohybuje hodnota ILI. Pro každou kategorii jsou dále uvedeny předpokládané objemy ztrát vody [$\text{l} \cdot \text{př}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$] v závislosti na provozním tlaku ve vodovodní síti. Kategorie jsou rozděleny podle ekonomické úrovně dané země na rozvinuté a rozvojové země. Pod tabulkou je popsáno ekonomické zhodnocení jednotlivých kategorií.

Tabulka 2 – Výkonnosti kategorie ILI [22]

Výkonnostní kategorie	Hodnota ILI	Ztráty vody v závislosti na provozním tlaku v síti [l·př ⁻¹ ·den ⁻¹]				
		10 m v. sl.	20 m v. sl.	30 m v. sl.	40 m v. sl.	50 m v. sl.
Rozvinuté země:						
A	1 - 2	-	< 50	< 75	< 100	< 125
B	2 - 4	-	50 - 100	75 - 150	100 - 200	125 - 250
C	4 - 8	-	100 - 200	150 - 300	200 - 400	250 - 500
D	> 8	-	> 200	> 300	> 400	> 500
Rozvojové země:						
A	1 - 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
B	4 - 8	50 - 100	100 - 200	150 - 300	200 - 400	250 - 500
C	8 - 16	100 - 200	200 - 400	300 - 600	400 - 800	500 - 1 000
D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1 000

Popis výkonnostních kategorií: [22]

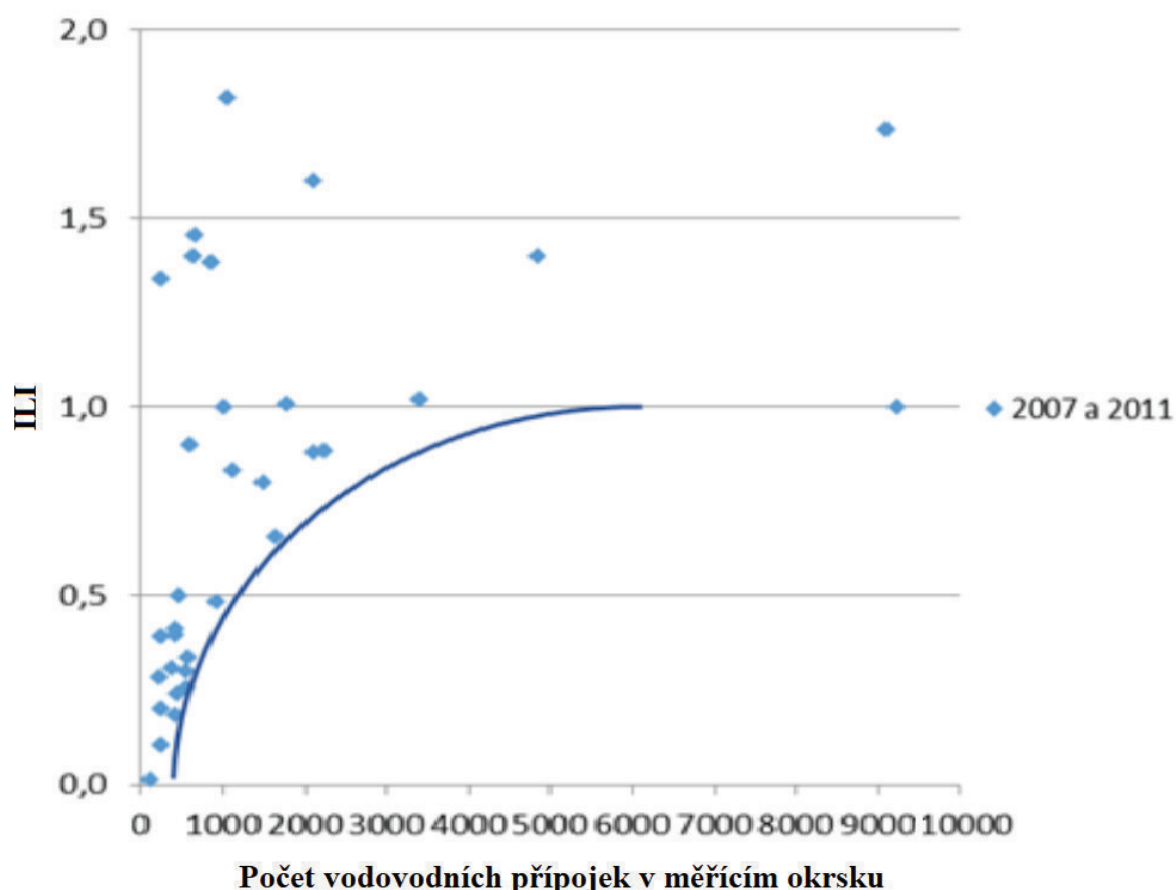
- **Kategorie A:** Další snižování ztrát může být neekonomické, k dalšímu snížení ztrát je nutné provést důkladnou analýzu, která je potřebná k identifikaci vynaložených nákladů k celkové míře zlepšení.
- **Kategorie B:** Potenciál výrazných zlepšení, je vhodné zvážit řízení tlakových poměrů na síti, lepší postupy kontroly úniku vody a lepší údržbu sítě.
- **Kategorie C:** Jedná se o špatný stav, lze však tolerovat v případě, že zdroj vody je vydatný a cena vody nízká, i přesto je však vhodné analyzovat úroveň úniků a zintenzívnit úsilí o snížení úniku.
- **Kategorie D:** Jedná se o velmi neefektivní stav, kroky pro snižování úniků jsou nutné a vyžadují vysokou prioritu.

ILI nižší než 1,0

Index ztrát infrastruktury (ILI) byl roku 1999 přijat jako klíčový ukazatel výkonnosti pro určování úniků vody, a to v neustále rostoucím počtu zemí. TNZ a ILI již byly stanoveny pro stovky distribučních systémů v zahraničí. V některých případech byla hodnota skutečných ztrát nižší než hodnota teoreticky nevyhnutelných ztrát, což má za následek to, že je $ILI < 1,0$. Po podrobných studiích Rakouské asociace pro plynárenský a vodárenský průmysl (Österreichische Vereinigung für das Gas-und Wasserfach - OVGW), které proběhly v letech 2004 a 2007, bylo ILI v roce 2009 přijato hlavní výkonnostní ukazatel OVGW. Další podrobná analýza a kontrola jednotlivých systémů byla proveden v roce 2011, do které bylo

zahrnuto 54 Rakouských distribučních systémů, které měly 10 000 vodovodních přípojek nebo méně. Hodnota ILI byla menší než 1,0 pro 24 distribučních systémů. [23]

Graf na obrázku 5 nám ukazuje výsledné hodnoty ILI z výše zmíněné analýzy, která proběhla v letech 2007 a 2011. Z grafu je patrné, že $ILI < 1,0$ nabývá nejvyšší četnosti pro menší systémy s méně než 3 000 vodovodních přípojek pro danou lokalitu či měřicí okresek. Modrá čára představuje přibližnou dolní hranici hodnot ILI. [23]

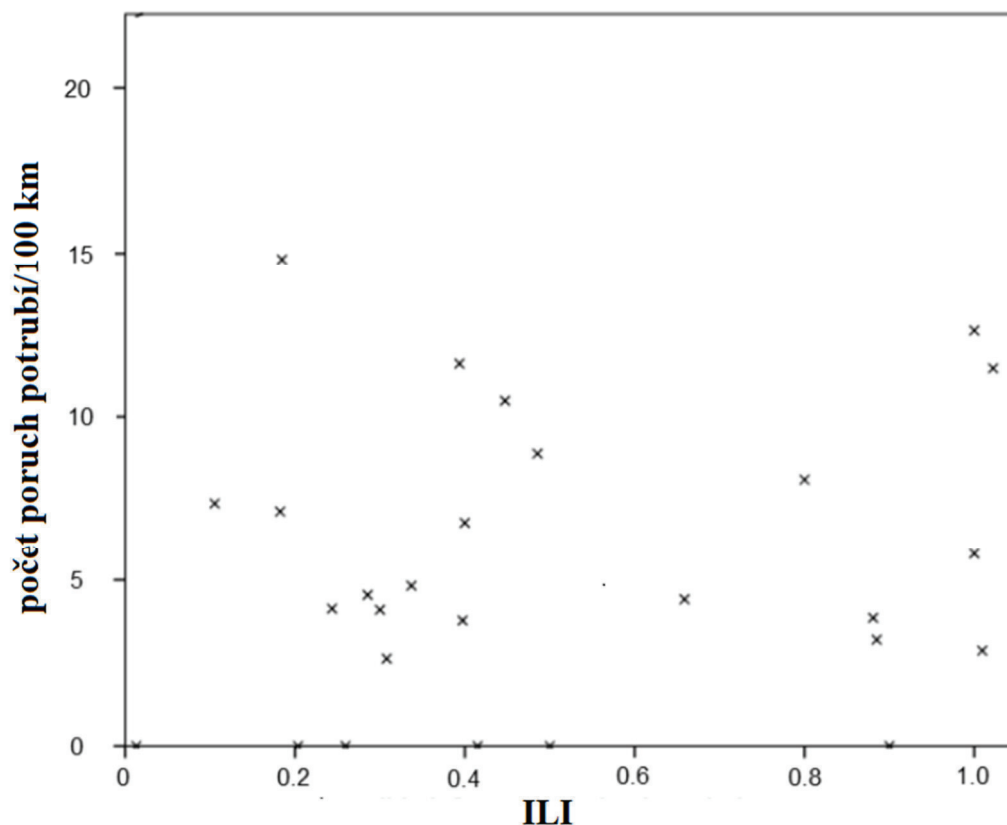


Obrázek 5 – Hodnota ILI v závislosti na počtu vodovodních přípojek v MO [23]

Průměrný provozní tlak pro 54 Rakouských distribučních systémů byl 50 m v. sl. a jen velmi málo systémů mělo méně než 40 m v. sl. Proto se zdá nepravděpodobné, že by na nízkou hodnotu ILI měl hlavní efekt menší provozní tlak než 50 m. v. sl., který by měl za následek snížení skrytých ztrát, které jsou citlivé na úroveň tlaku. [23]

Při použití rovnice 2.10 může být nízká hodnota ILI ovlivněna chybou z předpokládaných poruch potrubí na 100 km za rok. Obrázek 6 ukazuje, že s výjimkou jednoho systému hodnoty těchto poruch nabývají 13 poruch potrubí na 100 km za rok. Množství ztrát vody těmito poruchami je tedy menší, než je předpokládáno v rovnici 2.10. V dané rovnici může působit chybu i špatné posouzení průměrného provozního tlaku v systému nebo špatné posouzení počtu a průměrné délky vodovodních přípojek, to vše vede k nadhodnocení teoreticky nevyhnutelných ztrát a podhodnocení ILI. Pokud vychází hodnota ILI méně než 0,7, je žádoucí provést kontrolu všech vstupujících parametrů vodní bilance.

Nicméně, všechna možná vysvětlení nízké hodnoty ILI by neměla vylučovat to, že malé izolované měřicí okrsky až s 3 000 vodovodních přípojek mohou dosahovat nižší hodnoty ILI než měřicí okrsky s více než 3 000 vodovodních přípojek, tj. čím menší je systém, tím nižší je hodnota ILI. [23]



Obrázek 6 – Počet poruch potrubí v závislosti na ILI [23]

2.2.3.5 EIZ – ekonomický index ztrát

Jeho použití je vhodné pro provozovatele vodárenských systémů, jelikož se podle něj stanovují ekonomicky akceptovatelné hodnoty používaných ukazatelů ztrát vody. Jedná se o takové hodnoty, kdy další snižování hodnot těchto ukazatelů není již pro provozovatele ekonomicky efektivní. [16]

$$EIZ = EI \cdot IZ \quad [-] \quad (2.12) [16]$$

kde

EIZ ... ekonomický index ztrát [-]

EI ... ekonomický index [-]

IZ ... index ztrát [-]

Hodnoty ekonomického indexu jsou uvedeny v tabulce 3, jsou závislé na složitosti úpravy surové vody na pitnou vodu a na způsobu dopravy vody do systému.

Tabulka 3 – Hodnoty ekonomického indexu EI [16]

EI	Podmínky
0,5	Voda pro posuzovaný systém vyžaduje pouze dezinfekci resp. jednoduchou úpravu a je do systému dopravována gravitačně
1,0	Voda pro posuzovaný systém je upravována dvoustupňovou úpravou vody a do systému je dopravována gravitačně
	Voda pro posuzovaný systém vyžaduje pouze dezinfekci resp. jednoduchou úpravu, ale do systému musí být čerpána
1,5	Voda pro posuzovaný systém je upravována dvoustupňovou úpravou a je čerpána do výšky min. 50 m v.sl.

Index ztrát se stanovuje pro každý hydraulicky samostatný vodárenský systém, resp. jeho část (vodovod, tlakové pásmo) v závislosti na použitém ukazateli ztrát vody. Stanoví se podle rovnice 2.13 nebo podle rovnice 2.14. Hodnoty ve jmenovateli obou rovnic představují akceptovatelnou hodnotu úniků pro daný ukazatel. [16]

$$IZ = \frac{JÚVNF}{3100} \quad [-] \quad (2.13) [15]$$

kde

IZ ... index ztrát [-]

JÚVNF ... jednotkový únik vody nefakturované [$\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$]

$$IZ = \frac{ILI}{4} \quad [-] \quad (2.14) [15]$$

kde

IZ ... index ztrát [-]

ILI ... index ztrát infrastruktury [-]

Vyhodnocení ekonomické úrovně ztrát vody je založeno na posouzení stanovené hodnoty EIZ, které je uvedeno v tabulce 4.

Tabulka 4 – Vyhodnocení ekonomického indexu ztrát EIZ [16]

EIZ	Slovní hodnocení
< 0,8	Ztráty vody jsou po technické i ekonomické stránce přijatelné a realizace dalších opatření pro snižování ztrát by bylo ekonomicky neefektivní
0,8 - 1,3	V důsledku současných ztrát vody nedochází k významným ekonomickým a provozním ztrátám
> 1,3	Ztráty vody způsobují značné ekonomické ztráty, je žádoucí, aby provozovatel systému provedl analýzu příčin ztrát vody a intenzivně se zaměřil na jejich snižování

2.2.4 Ztráty vody v České republice

Cílem všech vodárenských společností je dlouhodobé snižování ztrát v trubní síti. Úniky vody mají za následek snižování výnosů vodárenských společností, jakožto větší objem vody nefakturované, tedy nezaplacené. Odstraněním ztrát by dané výnosy tvořily vyšší zisk vodárenských společností, mohly by být použity do obnovy stávajících či výstavby nových distribučních systémů nebo by mohly vést ke snížení vodného, jehož cena se zvyšuje s každým rokem. [11]

Tabulka 5 slouží k porovnání vybraných ukazatelů ztrát vody pro vybrané vodárenské společnosti. Hodnoty pro Vodovody a kanalizace Vsetín, a. s., jakožto provozovatel města Valašské Meziříčí, jimž se zabývá tato práce, jsou velice příznivé. Uvedené hodnoty ztrát jsou za období roku 2017.

Tabulka 5 – Srovnání hodnoty ukazatelů ztrát pro vybrané provozovatele vodovodů za rok 2017

Název vodárenské společnosti	% VNF [%]	JÚVNF [m ³ ·km ⁻¹ ·rok ⁻¹]	VNFP [l·př ⁻¹ ·den ⁻¹]
Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s.	11,6	357	94
VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s.	16,6	900	84
Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava, a.s.	17,7	1410	146
Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.	10,0	1723	152
Ostravské vodárny a kanalizace, a.s.	13,5	1924	206
Pražské vodovody a kanalizace, a.s.	16,4	2560	385

V tabulce 6 pak vidíme vývoj vybraných ukazatelů ztrát vody v horizontu uplynulých 10 let pro společnost Vodovody a kanalizace Vsetín, a. s. V průměru můžeme říct, že dochází ke snižování ztrát dle všech ukazatelů. Nejvýraznější snížení zaznamenáváme pro JÚVNF, které se v daném časovém horizontu snížila více než trojnásobně.

Tabulka 6 – Vývoj množství ztrát vybraných ukazatelů pro Vak Vsetín, a. s. [24]

Ukazatel	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
% VNF [%]	14,8	14,0	14,5	13,7	15,7	14,9	10,9	12,9	10,9	11,6
JÚVNF [m ³ ·km ⁻¹ ·rok ⁻¹]	1157	1065	1018	947	1105	1005	703	813	680	357
VNFP [l·př ⁻¹ ·den ⁻¹]	121	111	110	101	118	108	74	89	72	94

2.2.5 Skutečné a zdánlivé ztráty

International water association (IWA) doporučuje výpočet objemů vodní bilance pomocí primárního systému bilančního vykazování ztrát vody (základní tabulka je uvedena v kapitole 2.2.2). Tento výpočet je založen na objemu vody dodané do systému (VVR), na objemu autorizovaných fakturovaných a nefakturovaných odběrů, množství vody měřené a neměřené, z čehož můžeme určit *skutečné ztráty a zdánlivé ztráty*. Vodní bilance by měla být založena na skutečném měření průtoků a objemů. Nicméně, pokud není možné zavádět spolehlivá měření, je třeba zajistit maximální úsilí, aby byly jednotlivé objemy vody stanoveny co možná nejpřesněji. Tyto objemy, vypočítané nebo odhadnuté, jsou vystaveny chybám a nejistotám, které mohou být v menší či větší míře. Po určení ztrátových složek, konkrétně skutečných a zdánlivých ztrát, by se pro výpočet měly použít doplňkové přístupy, aby bylo možné získané výsledky považovat za důvěryhodné. Pro výpočet těchto složek ztrát se využívá doplňkový přístup „Top-Down“ a přístup „Bottom-Up“. V případě, že je to možné, je žádoucí použít pro výpočet ztrát oba přístupy a jejich výsledky následně porovnat. [21]

„Top-Down“ a „Bottom-Up“ přístup

Přístup „Top-Down“ měří celkové množství vody, která vstupuje do systému a definuje autorizovanou spotřebu vody, přičemž zůstatek tvoří ztráty vody. Výsledné hodnoty skutečných ztrát by neměly přesáhnout hodnotu 5 % v porovnání s přístupem „Bottom-Up“. [25]

Hlavními výhodami přístupu „Top-Down“ je to, že je výrazně levnější a rychlejší ve srovnání s přístupem „Bottom-Up“. Nevýhodou je však to, že je založen na velkém počtu odhadů jednotlivých komponentů skutečných ztrát. Získané výsledky jsou tedy zatíženy určitou chybou, z toho důvodu se tento přístup spíše nepoužívá. [26]

Další nevýhodou tohoto přístupu je to, že vodárenské společnosti některých zemí, nejsou schopné měřit spotřebovanou vodu. Důvodem jsou domácnosti, kterým se spotřebovaná voda neměří pomocí vodoměru, dle dostupné literatury to může být až 72 % domácností. [25]

„Top-Down“ přístup je vhodný zejména u vodárenských společností, kteří provádějí výpočet vodní bilance poprvé z toho důvodu, že se tento přístup sestaví poměrně rychle pomocí snadno dostupných dat. Nevýhodou tohoto přístupu je skutečnost, že pro mnoho provozovatelů může být otázka kvality a úplnosti snadno dostupných dat sporná. Důležitou otázkou všech provozovatelů vodovodů je spolehlivost daných výsledků. Stejně jako u počítačových systémů, kvalita výsledků vodní bilance je stejně spolehlivá jako kvalita vstupních dat. Žádná z provozních společností nemá dokonalé údaje o vodovodní síti, veškerá data podléhají určitému stupni chyb. Kvalita těchto údajů je však zvyšována každoročním vyhodnocením shromážděných dat. [12]

Vodohospodářský přístup „Top-Down“ je vyhodnocován převážně v kanceláři, vyžaduje minimální zkoušky nebo měření v terénu. Výhodou je rychlé poskytnutí rozsahu ztrát v provozovaném systému. [12]

V následující tabulce 9 jsou znázorněny jednotlivé kroky pro stanovení skutečných ztrát podle přístupu „Top-Down“. Jednotlivé buňky obsahují číslo daného kroku, danou složku podle systému bilančního vykazování ztrát vody dle IWA případně postup výpočtu.

Tabulka 7 – Přístup „Top-Down“ [12], [14]

A	B	C	D	E
Krok 2: Voda vyrobená k realizaci A3	Autorizovaná spotřeba $A_{14} = A_{10} + A_{13}$	Krok 3: Autorizované odběry fakturované $A_{10} = A_8 + A_9$	Voda měřená (včetně vody předané) A8	Voda fakturovaná $A_{20} = A_8 + A_9$
			Voda neměřená A9	
		Krok 5: Autorizované odběry nefakturované $A_{13} = A_{11} + A_{12}$	Měřené nefakturované odběry A11	Krok 4: Voda nefakturovaná $A_{21} = A_3 - A_{20}$
			Neměřené nefakturované odběry A12	
	Krok 6: Ztráty vody $A_{15} = A_3 - A_{14}$	Krok 7: Zdánlivé ztráty $A_{18} = A_{16} + A_{17}$	Neautorizované odběry A16	
			Chyby měření A17	
		Krok 8: Skutečné ztráty $A_{19} = A_{15} - A_{18}$	Skutečné ztráty při úpravě vody	
			Ztráty vody v distribuční síti	
			Ztráty vody ve vodojemech	
			Ztráty vody na přípojkách	

Kroky pro výpočet vody nefakturované a skutečných ztrát vody podle přístupu „Top-Down“: [12]

Krok 1: Popis distribučního systému:

- údaje o infrastruktuře,
- finanční údaje,
- provozní údaje (zahrnují hodnoty, u kterých se předpokládá, že distribuční systém je provozován 365 dní v roce)

Krok 2: Definujte množství vody, které vstupuje do vodovodního systému a odkud pochází (voda vyrobená k realizaci A3) a zadejte je do sloupce A.

Krok 2-1: Definujte množství vody z vlastních zdrojů. V tomto kroku by měly být identifikovány všechny vodní zdroje, které dodávají vodu do distribučního systému. Jedná se o surovou vodu, která pochází např. z řek, jezer, nádrží aj.

Krok 2-2: Upravte údaje o celkové dodávce vody. Jakmile je pro každý zdroj stanoven objem vody za daný rok, měly by být přezkoumány a opraveny naměřené hodnoty z důvodu systematických nebo náhodných chyb, které mohou existovat v těchto naměřených datech.

Mezi chyby patří:

- nepřesnost měřidla (vodoměr),
 - změny úrovně hladiny v nádržích a podzemních zdrojích,
 - jakékoli další opravy, jako jsou ztráty, ke kterým dochází dříve, než je voda dodána do distribučního systému (např. ztráty způsobené během procesu čištění – proplachování filtru apod.)
- a) Ověření přesnosti měřidla.
 - b) Upravení součtu dodávek vody.
 - c) Upravení hodnot z vodojemů.
 - d) Další úpravy – mezi další úpravy patří příspěvky vody (např. dodatečný zdroj vody, který vstupuje do systému) nebo ztráty vody do otevřeného kanálu. Pokud neexistují, tak se zadaná hodnota rovná 0,0.
 - e) Součet všech úprav.
 - f) Stanovení upraveného objemu vody z vlastních zdrojů.

Krok 2-3: Určete objem vody importované z vnějších zdrojů nebo zakoupené vody

Krok 2-4: Vypočítejte objem vody z vlastních zdrojů, který vstupuje do systému

Krok 2-5: Určete objem vody exportované do vnějších vodovodních systémů

Krok 2-6: Vypočítejte objem vody dodané do distribuční soustavy

Krok 3: Definujte objem fakturované autorizované spotřeby vody A10 ve sloupci C, následně doplňte fakturovanou spotřebu (voda měřená A8) a fakturovanou spotřebu (voda neměřená A9) ve sloupci D a vodu fakturovanou A20 (sloupec E).

Krok 3-1: Definujte objem fakturované autorizované spotřeby (voda měřená A8 ve sloupci D).

- a) Údržba dat zákaznických účtů – V případě, že počítačové záznamy o fakturaci nejsou dostupné nebo neexistují, provozovatel musí sestavit informace o zákaznickém účtu z dostupných záznamů.
- b) Informace o měřidlech zákazníků – Všechny aktivní účty by měly obsahovat identifikační číslo měřidla, velikost měřidla a typ měřidla. Pokud existuje systém AMR (Automatic Meter Reading), mělo by být v zákaznickém fakturačním systému zahrnuto také číslo automatického čtecího zařízení a číslo jeho čtečky.
- c) Určení měřeného objemu spotřeby vody pro dané období – obvykle 365 dní.
- d) Upravení doby zpoždění v odečtech měřidel.

Krok 3-2: Definujte objem fakturované autorizované spotřeby (voda neměřená A9 ve sloupci D).

Krok 4: Vypočítejte objem vody nefakturované A21 (sloupec E).

Krok 4-1: Vypočítejte objem vody nefakturované A21 (sloupec E) jako objem vody, který vstupuje do vodovodního systému A3 (sloupec A) mínus součet objemů fakturované autorizované spotřeby vody měřené A8 (sloupec D) a vody neměřené A9 (sloupec D), neboli vodu fakturovanou A20 (sloupec E).

Krok 5: Definujte objem nefakturované autorizované spotřeby A13 (sloupec C) jako součet měřených nefakturovaných odběrů A11 a neměřených nefakturovaných odběrů A12 ve sloupci D. Jedná se o vodu, která je použita např. k požární ochraně při odebrání vody z požárních hydrantů, k proplachům a zkouškách na radech, k čištění ulic aj. Tato spotřeba je měřena nebo přímo účtována velmi zřídka. Celkovou autorizovanou spotřebu A14 ve sloupci B pak získáme jako součet objemu fakturované autorizované spotřeby vody A10 (sloupec C) a objemu nefakturované autorizované spotřeby A13 (sloupec C).

Krok 5-1: Definujte objem nefakturovaných autorizovaných odběrů měřených A11 (sloupec D).

Krok 5-2: Definujte objem nefakturovaných autorizovaných odběrů neměřených A12 (sloupec D).

Do této kategorie jsou zahrnuty:

- a) Odběry hasičského záchranného sboru (HZS) a jejich trénink. Zde je zahrnuta odebraná voda z vodovodní sítě pro požární účely (z požárních hydrantů), pro hasicí systémy (sprinklery, drenčery) aj.
- b) Proplachování vodovodů, propustků a kanalizací.
- c) Úklid ulice.
- d) Zavlažování krajiny ve veřejných prostorách.
- e) Dekorativní vodní zařízení. Použitá voda se používá k plnění, čištění a udržování kvality vody v bazénech, fontánách a jiných dekorativních zařízeních.
- f) Bazény.

- g) Stavby. Voda je často dodávána prostřednictvím požárních hydrantů do cisternových vozů pro kontrolu silničního prachu, přípravu místa, terénní úpravy, použití a zpracování materiálů (např. míchání betonu).
- h) Kvalita vody a další testování. Tato voda se používá k testování výkonu distribuční soustavy tak, aby splňovala standardy veřejného zdraví. Operace k dezinfekci nových vodovodů.
- i) Spotřeba vody ve veřejných budovách, které nejsou součástí zákaznického fakturačního systému. Doporučuje se, aby vodovodní přípojky ke všem stálým konstrukcím byly odměřovány a zahrnuty do systému zákaznického fakturačního systému vodárenských zařízení.
- j) Jiný. Neměřený, ale zaznamenaný odběr, který nespadá do žádné z výše popsaných kategorií.
- k) Součet všech složek autorizované nefakturované spotřeby vody (neměřené vody).

Krok 6: Vypočtete ztráty vody A15 (sloupec B) jako objem vody nefakturované A21 (sloupec E) mínus objem autorizovaných nefakturované odběrů vody A13 (sloupec C). Ztráty vody tvoří součet zdánlivých a skutečných ztrát.

Krok 7: Vypočtete objem zdánlivých ztrát A18 ve sloupci C. Zdánlivé ztráty tvoří součet neautorizovaných odběrů A16 ve sloupci D a chyb měření A17 ve sloupci D.

Zdánlivé ztráty se skládají z:

- nepřesnosti zákaznicka měřidla,
- systémových chyb a chyb při zpracování dat,
- neautorizovaných odběrů

Krok 7-1: Odhadnutí nepřesnosti měřidel na straně zákazníků.

- a) Kontrola odborné a správné instalace. Měl by být zkontrolován výběr materiálů, dimenze a postup instalace měřících přístrojů, aby se zjistilo, zda je umožněna přesná regulace a měření.
- b) Kontrola domovních měřidel. Domovní měřidla by měly být náhodně testovány, aby se zjistily skutečné odchylky těchto měřidel. Vodoměry mohou být testovány na místě nebo v laboratoři.
- c) Vypočítání celkové chyby měřidel. Zde jsou zahrnuty měřidla všech velikostí, včetně domovních, průmyslových, komerčních, zemědělských a dalších vodoměrů.

Krok 7-2: Odhadnutí velikosti systematické chyby při zpracování dat.

- a) Systémové chyby přenosu dat: Čtení zákaznicka měřidla.
- b) Systémové chyby z analýzy dat. Obvykle jsou odečty měřidel přenášeny do zákaznických fakturačních systémů, kde se používají k výpočtu objemu spotřeby zákazníků, ke kterému došlo od předchozího čtení. Fakturační systémy ve Spojených státech často obsahují programovací algoritmy, které přiřazují odhady spotřeby, pokud nelze dosáhnout skutečného odečtu měřidla.
- c) Nedostatky v politice provozovatele. Zdánlivé ztráty mohou nastat kvůli politice vodárenské společnosti, která může být krátkozraká, špatně navržená nebo řízená.

Krok 7-3: Odhadnutí objemu neautorizované spotřeby vody.

Jedná se o vodu, která je brána proti zásadám vodárenské společnosti a může zahrnovat:

- nelegální napojení,
- otevření bypassů,
- skrytá měřidla,
- neoprávněné použití požárních hydrantů a protipožárních systémů,
- neodborná manipulace s měřidly,
- neoprávněné otevírání záměrně uzavřených ventilů nebo záslepek na vodovodních přípojkách

Krok 7-4: Vypočítání celkového objemu zdánlivých ztrát A18 ve sloupci C.

Krok 8: Vypočítejte objem skutečných ztrát A19 ve sloupci C. Množství skutečných ztrát se vypočítá jako ztráty vody A15 (sloupci B) mínus zdánlivé ztráty A18 (sloupce C).

Krok 9: Stanovení nákladů na zdánlivé a skutečné ztráty.

Krok 9-1: Stanovení nákladů na součásti spojené se zdánlivými ztrátami vody.

Krok 9-2: Stanovení nákladů na součásti spojené se skutečnými ztrátami vody.

Krok 10: Vypočítání výkonnostních ukazatelů vody.

Krok 11: Prezentace výsledků vodní bilance.

Přístup „Bottom-Up“ v porovnání s přístupem „Top-Down“ vhodnější pro oblasti z hlediska kvality a množství informací o vodovodní síti. Pro získání co nejpřesnějších výsledků bývá distribuční síť rozdělena na jednotlivé DMA (district metered area). Tato metoda je přesnější vzhledem ke kvantitě vstupních informací, z toho důvodu je používána pro většinu projektů. Bohužel, její postup je složitější než u přístupu „Top-Down“. Pro použití této metoda je nutná důkladná znalost sítě a další sofistikovaná úroveň řízení ve smyslu ovládání sítě. Pro konstrukci hydraulického modelu je nutné znát i hodnotu minimálního nočního průtoku (MNP), které jsou naměřeny v jednotlivých DMA. [14]

Pokud chce provozovatel vodovodní sítě upřesnit výsledky z vodohospodářského přístupu „Top-Down“ a formulovat strategie ke snížení ztrát, práce by měla pokračovat tím, že se provede zhodnocení podle přístupu „Bottom-Up“. Vzhledem k tomu, že tento přístup zkoumá jednotlivé komponenty ztrát značně podrobně, je nákladnější a časově náročnější než přístup „Top-Down“, ale poskytuje vysoce přesné údaje vodní bilance. [12]

Po provedení přístupu „Top-Down“ má provozovatel vodovodu poměrně dobré výsledky objemů zdánlivých ztrát. Před definitivním stanovením a prezentací výsledků z použité strategie by měl provozovatel pokračovat v podrobnějším vyšetřování vstupních dat nebo funkcí pro ověření předběžných údajů a získání podrobnějších výsledků o zdánlivých ztrátách. „Bottom-Up“ přístup ověřuje výsledky z „Top-Down“ přístupu se skutečně naměřenými daty z terénu jako jsou ztráty vody vypočítané z MNP v jednotlivých DMA nebo dočasně osazených akustických přístrojů na vodovodní síť pro monitorování úniků s cílem

vyhodnocení možností snížení úniků pomocí monitorovacích programů. Přístup tedy vyžaduje použití hydraulické měřicí zařízení, které se osazuje na vodovodním systému. [12]

„Bottom-Up“ přístup zahrnuje podrobné vyšetření vodní bilance a měl by obsahovat následující činnosti: [12]

Krok 1: Provedení analýzy fungování zákaznického fakturačního systému tak, aby byly zjištěny nedostatky v procesu zpracování údajů o spotřebě vody, což může mít za následek zvýšení zdánlivých ztrát.

Krok 2: Vypracování seznamu základních demografických údajů o zákaznických účtech, včetně počtu měřidel podle velikosti, typu odběratele a rozsahu spotřeby. Podívejte se na anomálie, jako jsou skupiny malých měřidel, které zaznamenávají velké průtoky nebo velká měřidla, které zaznamenávají neobvykle malé průtoky.

Krok 3: Testování přesnosti měřidel pro různé zatěžovací stavy, aby byly zjištěny funkční stav domovních měřidel.

Krok 4: Vyhodnocení některých zákaznických účtů nebo míst pro neautorizovaný potenciální odběr vody.

Doporučuje se, aby analýza fungování zákaznického fakturačního systému byla provedena vždy jako počáteční krok, protože mezery v tomto procesu mohou ovlivnit data, která jsou vyhodnocována v dalších krocích. [12]

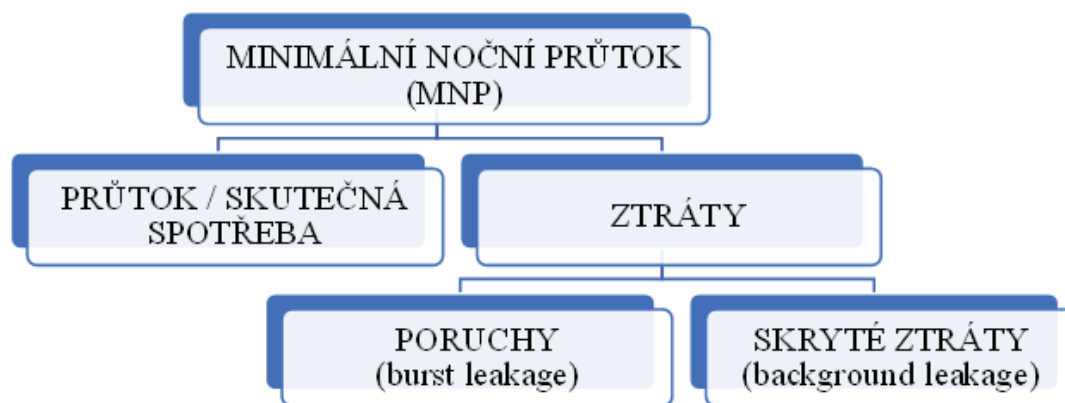
„Bottom-Up“ přístup vyžaduje vysoké investice do vybavení (měřicí technika), školení zaměstnanců aj., aby byly výstupy co nejefektivnější. Vymezení takových zdrojů však může být obtížné, zejména pro provozovatele malých vodovodních systémů. [12]

3 MINIMÁLNÍ NOČNÍ PRŮTOKY

Minimální noční průtok (MNP) je jedním z nejdůležitějších ukazatelů, který umožňuje sledovat ztráty vody v síti. Běžnou praxí vodárenských dispečinků je průběžný monitoring MNP ve vybraných místech sítě, což umožňuje rychle detekovat např. nově vzniklé poruchy s únikem vody. Obecně lze MNP definovat jako průtok, který vstupuje do vodovodní sítě v době, kdy je úroveň běžných legitimních odběrů na své minimální úrovni. [19]

Nejnižší průtoky v distribučním systému pro zásobování pitnou vodou nastávají v noční hodinách, konkrétně pak v časech mezi 01:00 a 04:00. Tyto nízké průtoky jsou způsobeny nízkou aktivitou obyvatel, to znamená, že dochází pouze k malé spotřebě vody. Hlavní odběry vody jsou zastoupeny některými průmyslovými podniky, hotely nebo třeba nočními kluby. Druhy odběrů jsou závislé na rozvoji dané oblasti. Mezi 06:00 a 08:00 dochází z hlediska spotřeby k ranní špičce, která je způsobena převážnou většinou obyvatelstva, které v tyto časy vstává do práce, do školy apod. K další špičce dochází kolem 20:00 až 21:00.

Minimální noční průtok se tedy skládá ze dvou hlavních složek. První složkou je skutečná spotřeba vody, která je odebrána spotřebiteli. Tato složka je měřena pomocí vodoměrů. Další složku tvoří ztráty vody, jejich hodnota se hodnotě rozdílu minimálního nočního průtoku a skutečné spotřeby. Ztráty jsou způsobeny netěsnostmi trubních vedení, chybami měření výše zmíněných vodoměrů a neautorizovanými odběry vody. Dané ztráty vody se dělí na ztráty, které jsou způsobeny poruchami na síti (*burst leakage*) a na skryté úniky (*background leakage*). MNP je tedy tvořen 3. složkami viz obrázek 7.



Obrázek 7 – Rozdělení MNP na dílčí složky

3.1 MĚŘENÍ MNP

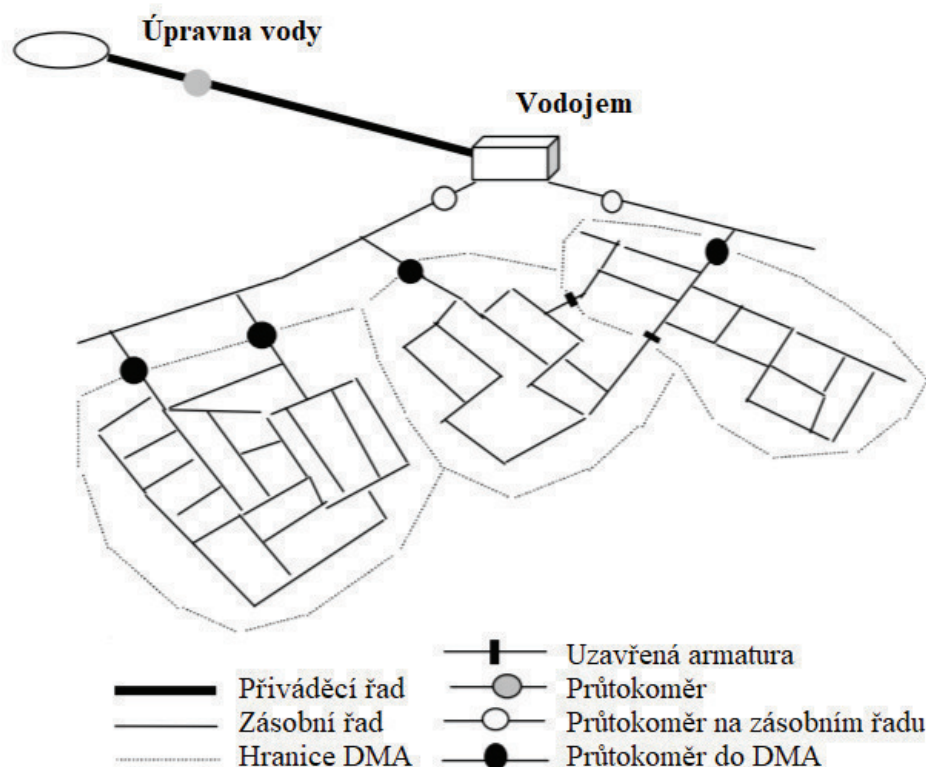
Měření MNP ve vodovodní síti se provádí pro hydraulicky oddělená tlaková pásma. Tyto tlaková pásma můžeme nazývat měřicími okrsky nebo spíše DMA. Pro měření se používají zařízení, které zaznamenávají hodnotu průtoku za časovou jednotku, tou bývá nejčastěji interval 1 hodiny. Měření MNP může probíhat pro jednotlivá DMA odlišně v závislosti na komplikovanosti distribuční sítě. O jednoduchý DMA se jedná tehdy, když je zásobován vodou pouze z jednoho zdroje (zdrojový uzel). V tomto uzlu je osazen vodoměr, který zaznamenává množství vody, která odtéká do DMA. V případě složeného DMA je voda, do příslušného DMA přiváděna přes více než jeden zdrojový uzel. V případě více zdrojových uzlů musí platit to, že na každém z těchto uzlů je osazen vodoměr. Hodnota MNP je dána naměřenou hodnotou použitým měřicím zařízením, v případě složeného DMA uvažujeme hodnotu MNP, z toho měřicího zařízení, ve kterém byla hodnota nejmenší. [20]

3.2 DISTRICT METERED AREA

Rozdělení rozsáhlých vodovodních sítí na jednotlivá DMA (*district metered area*) vede ke snadnějšímu vyhodnocování úniků vody z těchto sítí. Po rozdělení jsme schopni, pro každý DMA, určit množství vody, které do daného okrsku vtéká. Další známou hodnotou je pak celková spotřeba vody. Rozdílem těchto dvou složek dostaneme ztráty vody v daném DMA.

Jednotlivé měřicí okrsky jsou odděleny uzavřenými armaturami. [20]

Na obrázku 8 vidíme schéma rozdělení vodovodní sítě na měřicí okrsky (DMA).



Obrázek 8 – Schéma uspořádání měřicích okrsků – DMA [20]

3.2.1 Navrhování DMA

Měřicí okrsky (DMA) jsou účinným nástrojem pro zvládnutí ztrát vody. Po několika letech vývoje došlo k vytvoření několika empirických postupů, které mají vést k návrhu DMA. Tyto postupy zohledňují řadu kritérií jako např.: velikosti DMA, hodnotu provozního tlaku, množství úniku, kvality vody, náklady, spolehlivost sítě atd. Návrh DMA si klade dvě základní otázky, a to, jak definovat hranici DMA a kde zvolit měřicí místa. Návrh měřicích okrsků byl dlouhou dobu založen na metodě pokus-omyl, a to z důvodu k složitosti navrhování. Vhodnost návrhu byla ověřována hydraulickou simulací. [27]

Při navrhování DMA se snažíme rozdělit vodovodní síť na ideální počet jednotlivých DMA, to znamená, aby byl známý přítok do měřicích okrsků, aby bylo možné identifikovat nenahlášené poruchy a následně, aby se daly, s jistou přesností, určit ztráty. Dále by měl být měřicí okresek provozován v optimálním tlakovém režimu. [20]

V závislosti na charakteru sítě rozdělujeme DMA: [20]

- zásobeny prostřednictvím jednoho hlavního zdroje (ideální případ),
- zásobeny více zdroji,
- navrženy jako diskrétní oblasti (žádný odtok do sousedních DMA),
- navrženy jako kaskádové (pouze v případě, že není možný jiný způsob),

Faktory, které je třeba vzít v úvahu při navrhování DMA: [20]

- požadovaná ekonomická úroveň úniku,
- velikost (oblast a počet vodovodních přípojek),
- druh zástavby – malé obce, sídlištní, městská, individuální,
- geografické poměry,
- kvalita vody,
- tlakové poměry,
- potřeba požární vody,
- počet armatur, které mají být uzavřeny,
- počet měřidel používaných pro sledování průtoku ideálně minimalizován,
- počet velkých odběratelů v DMA,
- stav infrastruktury a další...

Důležitým faktorem při tvorbě měřicích DMA je to, aby nedocházelo ke snížení kvality služeb poskytovaných zákazníkům. Tato podmínka je důležité v sítích, ve kterých jsou nízké provozní tlaky. U těchto sítí je důležité vzít na vědomí to, že dalším snížením tlaku by mohlo dojít k tomu, že by na některých místech nebyl dodržen minimální hydrodynamický tlak.

Při rozdělení DMA a k následnému vytvoření jejich hranic se ve většině případů používají uzavírací armatury. Dalším, ne příliš vhodným, způsobem je oddělování pomocí zaslepovacích armatur, které se osazují na potrubí. Z tohoto potrubí musí být předem odstraněna jeho část např.: řezáním. [20]

Zásady pro navrhování měřících okrsků: [15]

- každý okrsek má, pokud možno jediný napájecí uzel s měřením průtoku,
- stejnorodý charakter zástavby v okrsku,
- stejný druh trubního materiálu,
- přibližně stejné stáří potrubí,
- velikost okrsku 1 000–3 000 bytových jednotek,
- délka potrubí 5–20 km,
- možnost hydraulického propojení na ostatní okrsky

Charakter měřícího okrsku stanovíme z rovnice:

$$C = \frac{BJ}{L} \quad [-] \quad (3.1) [15]$$

kde

C ... charakter měřícího okrsku [-]

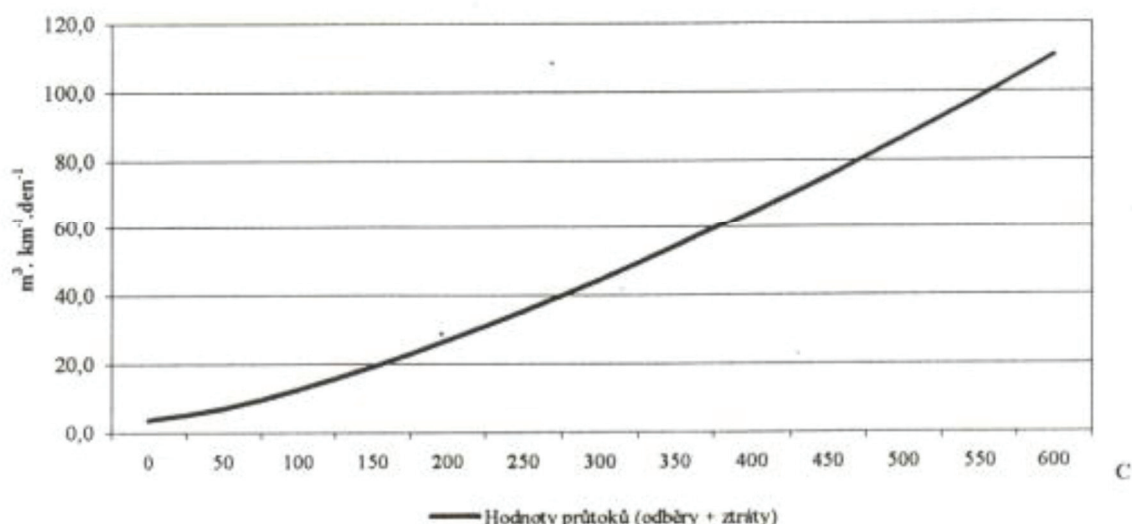
BJ ... počet bytových jednotek [ks]

L ... délka zásobovacích řadů a rozvodné sítě [km]

Tabulka 8 – Charakter měřícího okrsku dle hustoty zástavby [15]

C	Charakter měřícího okrsku
0 - 50	Skupinové vodovody malých obcí
50 - 150	Individuální zástavba
150 - 250	Smíšená městská zástavba
450 - 650	Sídlištní zástavba

Z určené hodnoty charakteru měřícího okrsku C můžeme podle obrázku 9 stanovit teoretickou hodnotu minimálního nočního průtoku.



Obrázek 9 – Teoretické minimální noční průtoky v závislosti na charakteru měřicího okrsku C [15]

3.3 VYHODNOCENÍ MNP

Ztráty ve vodovodní síti může být vyhodnocováno buď z bilance vody nebo z naměřených MNP. Z hlediska přesnosti je výhodnější použití druhé metody, tedy vyhodnocování z minimálních nočních průtoků, kterým získáme hodnoty 3 základních složek průtoků, kterými jsou skutečná spotřeba a ztráty ve formě poruch na síti a skryté ztráty.

Úniky, které jsou určeny z denní bilance vody nelze pro získání množství úniků za hodinu, vydělit hodnotou 24 (tj. 24 hodin) a také není možné vynásobit hodinový únik hodnotou 24, abychom získali hodnotu denních úniků. Jelikož je míra úniků závislá na provozním tlaku, nelze použít ani jeden z těchto postupů z důvodu tlaku ve vodovodní síti (měřícím okrsku nebo DMA), který není během dne konstantní.

Pro převod hodinových úniků se používá tzv. denní faktor (NDF), jejímž násobením získáme denní míru úniku. [28]

3.3.1 Úrovně dekompozice MNP

Rozdělení minimálního nočního průtoků na jednotlivé komponenty může být provedeno pomocí 5 schémat. Každé z těchto schémat má odlišnou úroveň podrobnosti, kdy 1. schéma je nejjednodušší (vstupuje do něj nejméně veličin), každé další schéma je o jednu úroveň podrobnější. 5. schéma je tedy nejpodrobnější. Stupeň schématu je volen s ohledem na přesnost v určování MNP. [9]

1. Stupeň rozkladu

Jedná se o nejjednodušší a nejméně podrobný stupeň rozkladu. *Minimální noční průtok* MNF (Minimum Night Flow) je rozdělen do dvou složek na *noční spotřebu* NC (Night Consumption) a na *ztráty na veřejném vodovodu* UNL (Utility Night Leakage). [9]

Ztráty na veřejném vodovodu vypočítáme jako rozdíl minimálního nočního průtoku a noční spotřeby, dle vzorce:

$$UNL = MNF - NC \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (3.2) [9]$$

kde

UNL ... Ztráty na veřejném vodovodu $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$

MNF ... Minimální noční průtok (MNP)

NC ... Noční spotřeba vody (V této diplomové práci označeno jako Q_{NS})

Většinou je minimální noční průtok zaznamenáván v $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$, pro samotnou analýzu je však vhodné jej převést na $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$, kde platí $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 3,6 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$. [9]

Červená čára s označením DP (Delivery Point) nám udává *místo předání vody*, kterým může být vodoměrná šachta, ve které je umístěn vodoměr. Dané místo je tedy umístěno na vodovodní přípojce a tvoří hranici toho, kdy se množství uniklé vody již zahrnuje do spotřeby vody. [9]

2. Stupeň rozkladu

Ve druhém stupni rozkladu dochází k další dekompozici, a to *noční spotřeby* NC, která je rozdělena do dvou složek. První složku tvoří *skutečná spotřeba* NU (Night Use), druhou složku tvoří *ztráty vody na vnitřním vodovodu* CNL (Customer Night Leakage) [9]

3. Stupeň rozkladu

V tomto stupni rozkladu vidíme další a podrobnější úroveň dekompozice, ve které se *skutečná spotřeba* NU dělá na *mimořádný noční odběr* ENU (Exceptional Night Use), který tvoří součet odběrů nad stanovenou hodnotu, např. $100 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$ a na *odhadnutou noční spotřebu* ANU (Assessed Night Use), kterou tvoří součet menších odběrů, který je menší než hraniční hodnota odběru.

Ztráty na vnitřním vodovodu CNL se dělí na *ztráty na vnitřním vodovodu uvnitř budov* CNLI (Customer Night Leakage Inside Buildings) a na *ztráty na vnitřním vodovodu mimo budovy* CNLO (Customer Night Leakage Outside Buildings). CNLI jsou tvořeny součtem všech menších úniků uvnitř budov, např. kapající kohoutky. U CNLO jsou tvořeny např. netěsnostmi spojů potrubí, obvykle se jedná o větší úniky.

Ztráty na veřejném vodovodu UNL jsou rozděleny na *zjistitelné úniky* DL (Detectable Burst Leakage), které mohou být viditelné nebo neviditelné, avšak detekovatelné akustickými metodami a na *nezjistitelné skryté úniky* BL (Undetectable Background Leakage), které nejsou viditelné, tyto úniky jsou nezjistitelné i při použití akustických metod. [9]

Modré čáry udávají hranici NNF (Net Night Flow), která nám udává *minimální noční průtok* MNP, od kterého je odečten mimořádný noční odběr ENU. [9]

4. Stupeň rozkladu

V poslední tabulce je znázorněno finální rozdělení, které podrobně specifikuje složky, které byly popsány ve 3. stupni dekompozice.

Mimořádný noční odběr ENU je rozdělen na 3 složky, a to na vlastní spotřebu vodovodu, spotřebu pro domácnosti a spotřebu pro ostatní odběratele. Odhadnutá noční spotřeba ANU je rozdělena na spotřebu pro domácnosti a na spotřebu pro ostatní odběratele.

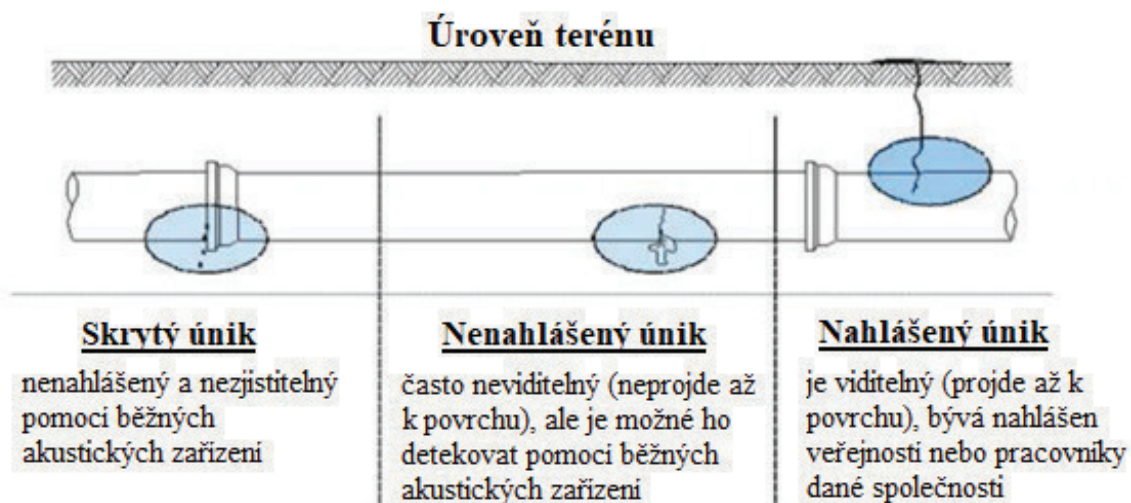
Zjistitelný únik DL je rozložen na nenahlášené poruchy DLU (Detectable Unreported Bursts Leakage) a na poruchy nahlášené – dosud neopravené DLR (Detectable Reported Bursts Leakage – not yet repaired).

Nezjistitelné skryté úniky BL jsou rozloženy na úniky na vodovodní přípojce BLS (Background Leakage on service connection) a na úniky na vodovodu BLM (Background Leakage on mains). [9]

1. Stupeň rozkladu				
2. Stupeň rozkladu				
3. Stupeň rozkladu				
4. Stupeň rozkladu				
Minimální noční průtok (MNF)	Noční spotřeba (NC)	Skutečná spotřeba (NU)	Mimořádný noční odběr (ENU)	Vodovod
				Domácnosti
				Ostatní
		Ztráty na vnitřním vodovodu (CNL)	Odhadnutá noční spotřeba (ANU)	Domácnosti
				Ostatní
			Uvnitř budov (CNLI)	Toalety, kohoutky, vnitřní instalace
	Ztráty na veřejném vodovodu (UNL)	Zjistitelný únik (DL)	Mimo budovy (CNLO)	Potrubí a nádrže
				Nenahlášené poruchy (DLU)
				Nahlášené poruchy - dosud neopravené (DLR)
		Nezjistitelný skrytý únik (BL)		Na přípojce (BLS)
				Na vodovodu (BLM)

Obrázek 10 – Úrovně rozkladu MNP [9]

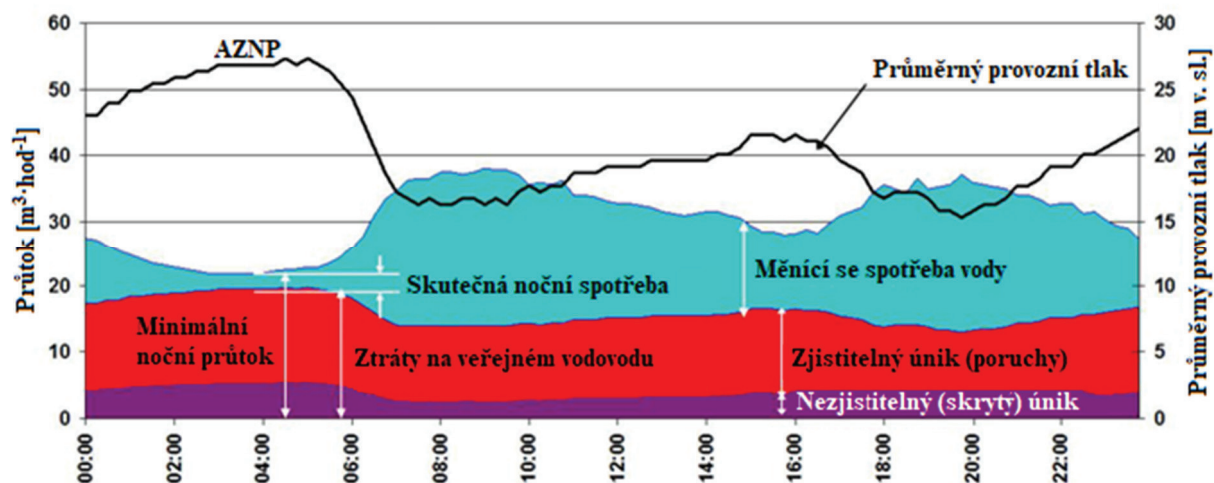
Na obrázku 11 vidíme 3 složky, ze kterých se skládají skutečné ztráty. Jedná se o skryté úniky, nenahlášené úniky a nahlášené úniky. [9]



Obrázek 11 – Rozdělení skutečných ztrát a jejich rozdílů [9]

5. Stupeň rozkladu

Do 5. a zároveň posledního stupně je zahrnut vliv tlakových poměrů v síti, které působí na dílčí složky MNP. Při rozhodování o aktivním zásahu proti úniku je důležité pochopení vztahu mezi působícím tlakem a mírou úniku. V první řadě je vhodné odhadnout skryté úniky, které jsou nezjistitelné, avšak velmi citlivé na úroveň tlaku v síti. V dalším kroku je možné určit hodnotu *nenahlášených poruch* (DLU), které jsou zjistitelné. Součtem těchto hodnot dostaneme ztráty na veřejném vodovodu. V případě, kdy se sníží množství skrytých ztrát, při snížení tlaku v síti, které povede k přijatelné hodnotě ztrát na veřejném vodovodu, můžeme předejít zbytečnému aktivnímu zásahu. [9]



Obrázek 12 – Průběh změny velikosti složek ztrát v závislosti na tlaku [9]

Z obrázku 12 je patrná změna množství ztrát vody z vodovodní sítě, která je způsobena kolísáním provozního tlaku. Dále vidíme, že největší hydrodynamický tlak nastává v období MNP, což znamená vyšší úniky vody např. trhlinkami v potrubí nebo netěsnostmi ve spojích potrubí. Na síti, která je ve špatném technickém stavu může dojít ke vzniku havárie formou např. prasklého potrubí. Dále si můžeme všimnout závislosti mezi spotřebou vody a výše zmíněným tlakem. Při vyšší spotřebě je hodnota hydrodynamického tlaku nízká a naopak.

Nejvhodnějším způsobem k určení složek MNP v distribučních systémech je koncept FAVAD. [9]

3.3.2 Koncept FAVAD

Koncept FAVAD (Fixed and Variable Area Discharges) je používán k předpovědi úniků vody, které jsou závislé na provozním tlaku v distribuční síti. [29]

Tento koncept vznikl roku 1994, kdy John May sladil japonské a anglické poznatky, které doplnil dalšími mezinárodními výzkumnými daty. [30]

Tato koncepce rozděluje ztráty do dvou odlišných kategorií na: [30]

- Pevné ztráty (Fixed area leakage) zahrnují např. trhliny nebo korozní otvory na potrubí.
- Proměnné ztráty (Variable area leakage), které zahrnují skryté úniky, úniky na armaturách, tvarovkách a ve spojích potrubí.

Tlak v síti ovlivňuje objem úniků ztrát (objem/čas) z netěsných potrubí v distribučním systému reaguje na změny tlaku v síti, mnohem více, než rychlost vody (vzdálenost/čas). Rychlost vody se mění pouze s druhou odmocninou tlaku. [30]

Základní rovnice FAVAD pro výpočet úniků L v závislosti na tlaku P vypadá takto:

$$\frac{L_1}{L_0} = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N1} \quad [-] \quad (3.3) [31]$$

kde

L_1 ... hodnota úniku po změně tlaku $P_0 \rightarrow P_1$

L_0 ... hodnota úniku při počátečním tlaku P_0

P_1 ... změna provozního tlaku [m v.sl.]

P_0 ... počáteční hodnota průměrného provozního tlaku [m v.sl.]

$N1$... opravný součinitel tlaku [-]

Průměrná hodnota exponentu se pohybuje v rozmezí 0,5–1,5 a byla stanovena testováním v několika zemích světa (Velká Británie, Japonsko, Brazílie aj.). Výpočtové hodnoty nemusí přesně odpovídat hodnotám uvedeným v tabulce 9. [30]

Tabulka 9 – Hodnoty N1 a případy platnosti [30]

N1	Platí v případě:
0,5	Pevných ztrát (Fixed area leakage), které zahrnují např. trhliny nebo korozní otvory na potrubí
1	Velkých zón distribuční sítě (měřicí okrsky, DMA). Z praktických důvodů se předpokládá, že vztah mezi změnou tlaku a změnou hodnoty úniku je lineární
1,5	Proměnných ztrát (Variable area leakage), které zahrnují skryté úniky, úniky na armaturách, tvarovkách a ve spojích potrubí

3.3.3 Stanovení denní míry úniku

Stanovená hodnota nočních úniků je vyjádřena jako objem uniklé vody za jednu hodinu. Pokud však chceme z dané hodnoty stanovit objem úniků za celý den, není možné ji vynásobit 24 hodinami. Pro stanovení denní míry úniky je nutné použít tzv. *denní faktor* (NDF). Tento faktor je závislý na průměrném tlaku v DMA a hodnotě N1.

Výpočet faktoru NDF mohou být poněkud podrobné a jejich řešení může dělat problém i řadě odborníkům, proto byl vyvinut zjednodušený přístup pro výpočet tohoto faktoru viz rovnice 3.4. Zjednodušujícím předpoklad je to, že hodnota N1 je rovna hodnotě 1,0. V případě potřeby je pak měněna podle opravného faktoru CF. [30]

Denní faktor NDF stanovíme podle rovnice:

$$NDF = CF \cdot 24 \cdot \frac{AZP_{AVE}}{AZP_{MNF}} \quad [\text{hod} \cdot \text{den}^{-1}] \quad (3.4) [30]$$

kde

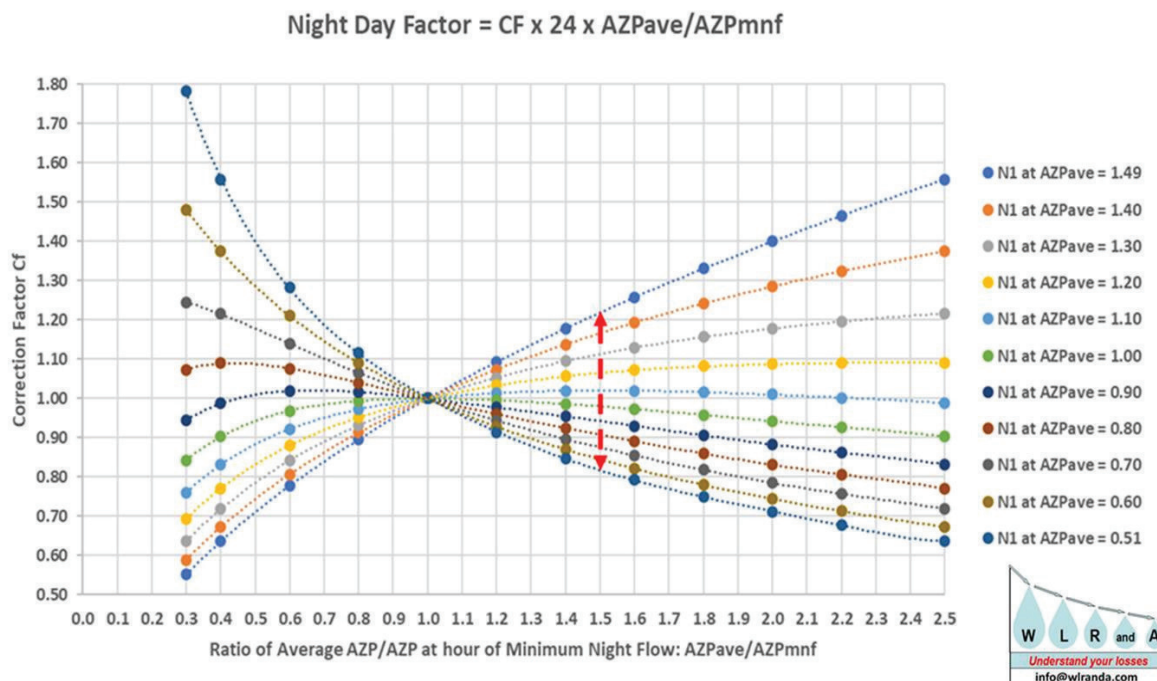
NDF ... denní faktor (Night-Day Factor) [hod·den⁻¹]

CF ... opravný faktor (Correction Factor) [-]

AZP_{AVE} ... průměrný provozní tlak v DMA (Average Zone Pressure) [m v. sl.]

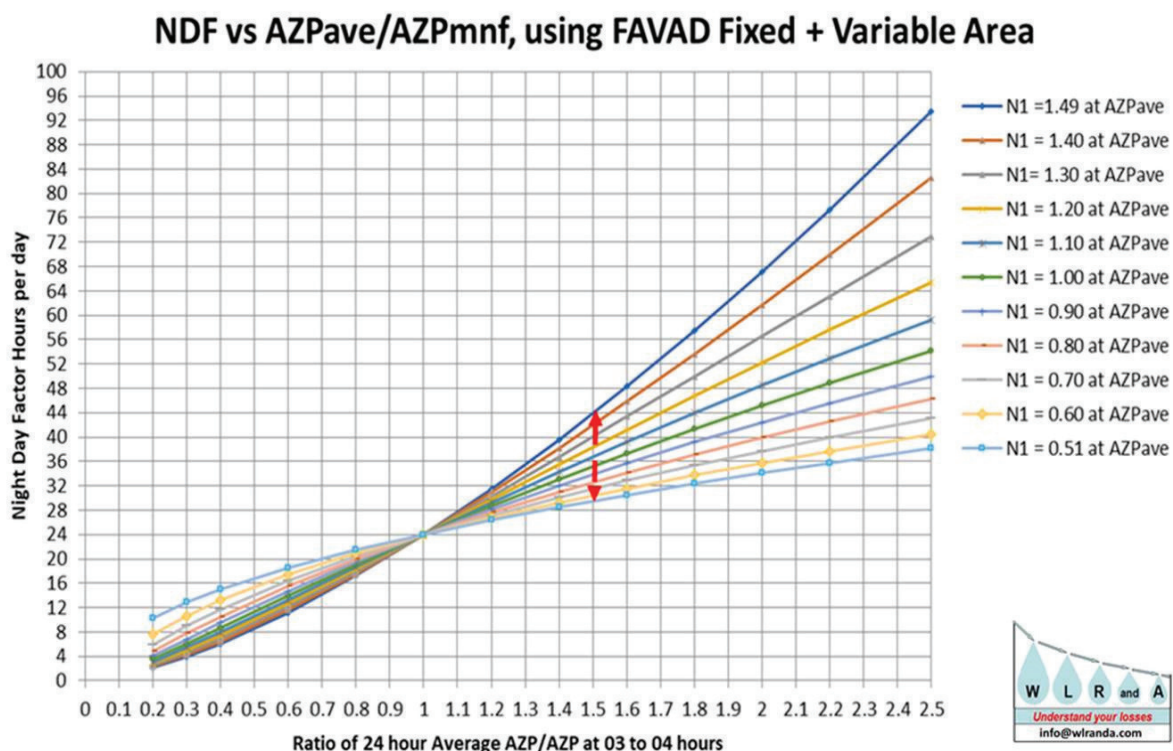
AZP_{MNF} ... provozní tlak v čase minimálního nočního průtoku [m v. sl.]

Faktor CF je závislý na hodnotě N1 a na poměru průměrného provozního tlaku v DMA a tlaku v čase MNP. Jeho hodnotu můžeme určit z následujícího grafu (obrázek 13).



Obrázek 13 – Závislost faktoru CF na poměru tlaků a hodnotě N1 [30]

Hodnota faktoru NDF může být odečtena přímo z grafu (obrázek 14) za předpokladu, že poměr průměrného provozního tlaku a tlaku v čase MNP je roven 1,0. Tento způsob používaný, je však zatížen mírnou nepřesností.



Obrázek 14 – Závislost faktoru NDF na poměru tlaků a hodnotě N1 [30]

Po určení hodnoty faktoru NDF můžeme stanovit denní míru úniku podle rovnice:

$$DL = NLR \cdot NDF \quad [\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}] \quad (3.5) [32]$$

kde

DL ... denní únik (Daily Leakage) $[\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}]$

NLR ... noční únik v čase MNP (Night Leakage Rate) $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$

NDF ... denní faktor (Night-Day Factor) $[\text{hod} \cdot \text{den}^{-1}]$

V praxi se NDF může pohybovat v intervalu 10–60 $\text{hod} \cdot \text{den}^{-1}$, kde nižší hodnotu zaujímají spíše gravitační systémy s vysokými úniky. Vyšší hodnotu pak zaujímají systémy s vyšším stupněm řízení tlaku a průtoku ve vodovodní síti. Předpokladem pevné hodnoty NDF, která by byla rovna 24 $\text{hod} \cdot \text{den}^{-1}$, může docházet k významným chybám při stanovení úniku vody. [32]

4 VYHODNOCENÍ SPOTŘEBY VODY V DANÉ LOKALITĚ

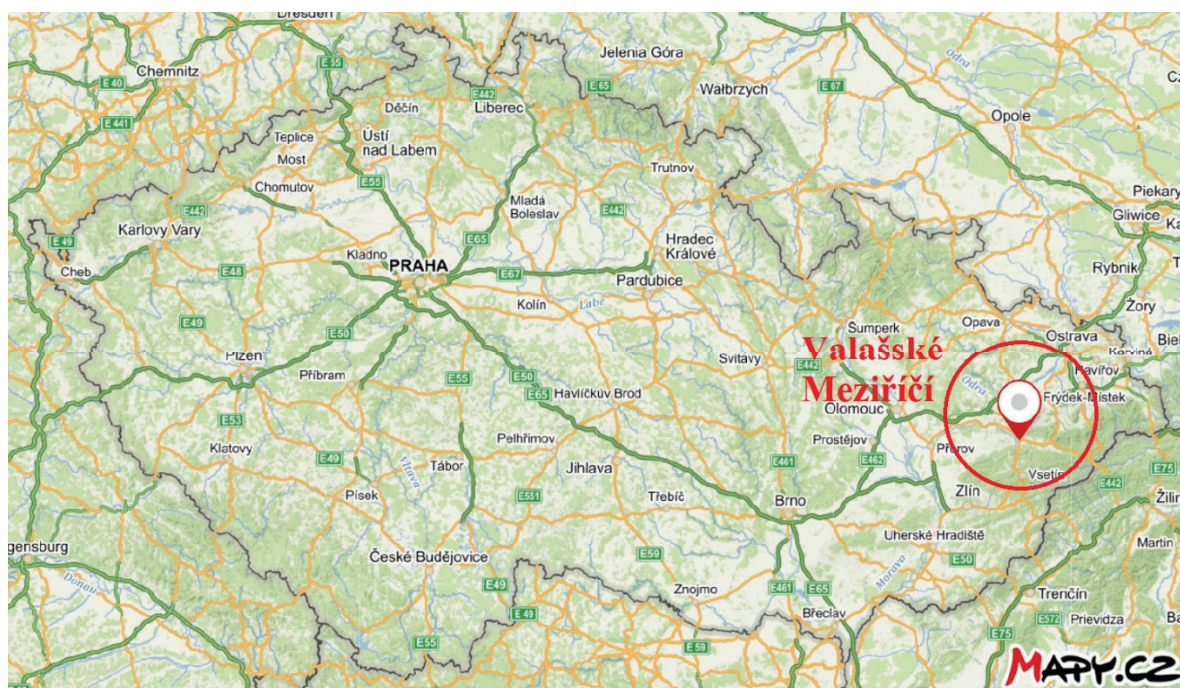
Následující kapitola obsahuje základní informace o zájmovém území a vybraných měřicích okresech. Následně je popsán vodárenský systém Valašského Meziříčí, kterým je pitná voda dopravována ze zdrojů vody až ke konečným odběratelům. Odebraná surová voda bývá upravená na úpravnách vody, odkud je vedena do vodojemů, čerpacích stanic případně automatických tlakových stanic (ATS).

Další podkapitola obsahuje popis MNP a způsob jeho dekompozice s výsledným vyhodnocením. Poslední podkapitola je věnována výsledkům základních ukazatelů ztrát v dané lokalitě.

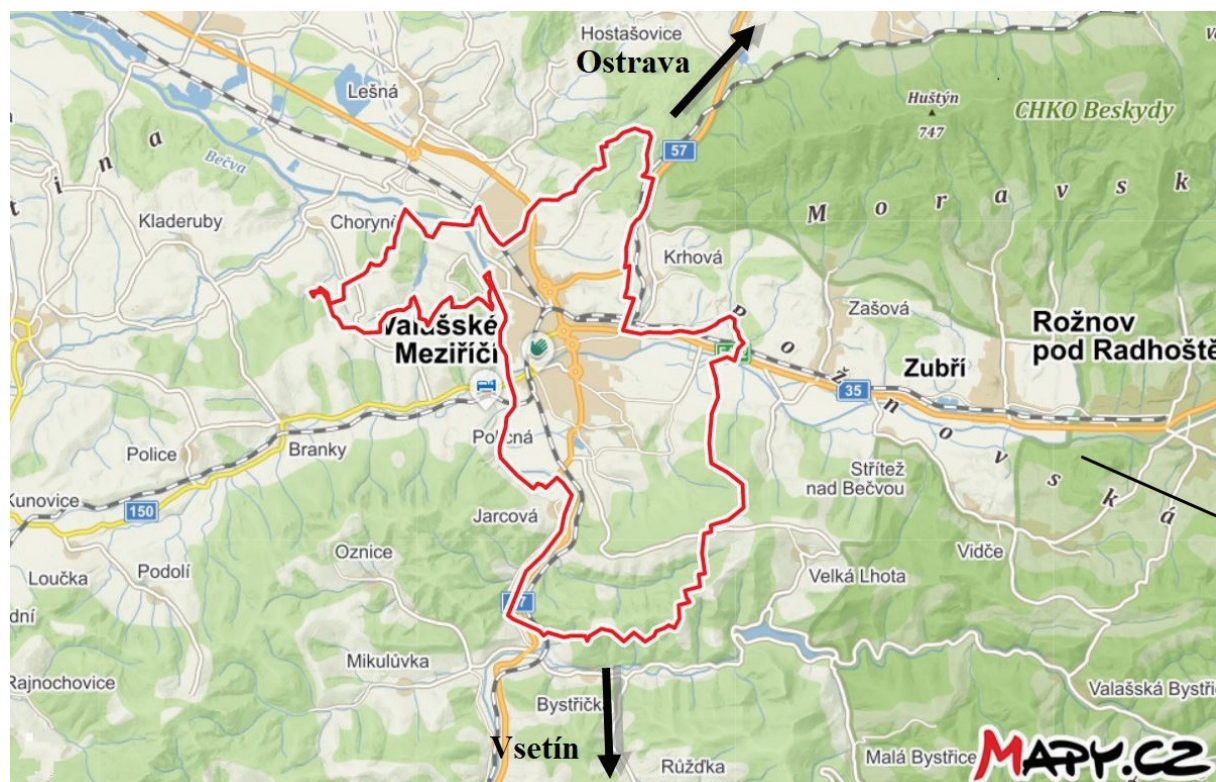
4.1 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Valašské Meziříčí spadá pod okres Vsetín, který se nachází území Zlínského kraje. Město je vzdálené 15 km severně od města Vsetín a přibližně 46 km jihozápadně od města Ostrava. Katastrálním územím protéká řeka Bečva, řeka Rožnovská Bečva a řeka Vsetínská Bečva. Řeku Bečvu tvoří soutok řek Rožnovské a Vsetínské Bečvy. Na území žije 22 179 obyvatel. Valašské Meziříčí má rozlohu 35,2 km² a dělí se na 8 katastrálních území: [33]

- KÚ Brňov,
- KÚ Bynina,
- KÚ Hrachovec,
- KÚ Juřinka,
- KÚ Krásno n. Bečvou,
- KÚ Křivé,
- KÚ Lhota u Choryně,
- KÚ Valašské Meziříčí – město



Obrázek 15 – Situace širších vztahů [34]



Obrázek 16 – Katastrální území [34]

4.2 POPIS VODÁRENSKÉHO SYSTÉMU

Prevažná část výroby pitné vody společnosti Vak Vsetín, a.s. je zabezpečována úpravnou povrchové vody Karolinka a Valašské Meziříčí, úpravnou podzemní vody v Rožnově p. R. a prameništěm podzemní vody v lokalitě Vsetín – Ohrada. V součtu tyto čtyři zdroje zabezpečují 98,2 % z celkové výroby pitné vody. Mezi doplňující vodní zdroje patří 7 pramenišť a zdrojů podzemní vody, které zabezpečují 1,5 % z celkové výroby pitné vody.

Město Valašské Meziříčí a jeho přidružené části jsou zásobovány pitnou vodou skupinovým vodovodem Stanovnice, ze kterého je voda dopravovaná do VDJ Helštýn, VDJ Krhová, před regulační ventil pásma Hrachovec, do VDJ Podlesí, VDJ Brňov a v případě potřeby do VDJ Štěpánov. ÚV Valašské Meziříčí odebírá surovou vodu z řeky Vsetínské Bečvy. Odebíraná voda je upravována flokulací, sedimentací a filtrací v pískových a GAU filtrech, hygienické zabezpečení vody je zajištěno kombinací UV záření a plynného chlóru. Z úpravní vody odtéká $25 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Délka distribučního systému má rozsah 153,413 km. Na vodovodní síť je napojeno 4 794 vodovodních přípojek, které zásobují přibližně 26 900 obyvatel. Tento systém tvoří vodovodní potrubí a důležité objekty vodovodu, kterými jsou vodojemy, čerpací stanice, automatické tlakové stanice, přerušovací komory a regulační ventily. [35], [36]

- 11 vodojemů,
- 4 čerpací stanice,
- 9 automatických tlakových stanic,
- 6 regulačních ventilů



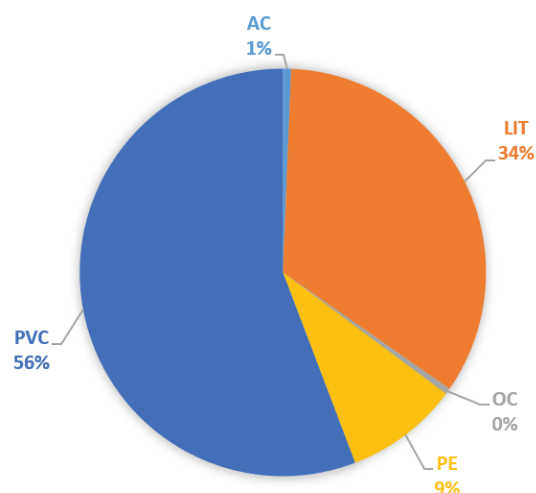
V následujících tabulkách 10, 11 a grafech (obrázek 18) jsou shrnuté délky vodovodní sítě ve vybraných měřících okresech podle jednotlivých dimenzí a materiálu potrubí.

MO / Mat.	MO 2	MO 3	MO 5	MO 6	MO 11	MO 12	MO 13	Součet délky dle mat. [m]
AC	-	310,2	-	-	-	-	-	310,2
LIT	728,0	859,9	4 771,7	7 832,5	-	789,7	1 252,4	16 234,3
OC	12,9	57,5	94,9	59,9	-	-	-	225,2
PE	1 628,0	604,6	-	1 224,0	137,9	540,0	178,5	4 312,9
PVC	6 580,3	454,2	704,2	3 796,4	2 803,1	11 464,6	804,5	26 607,3

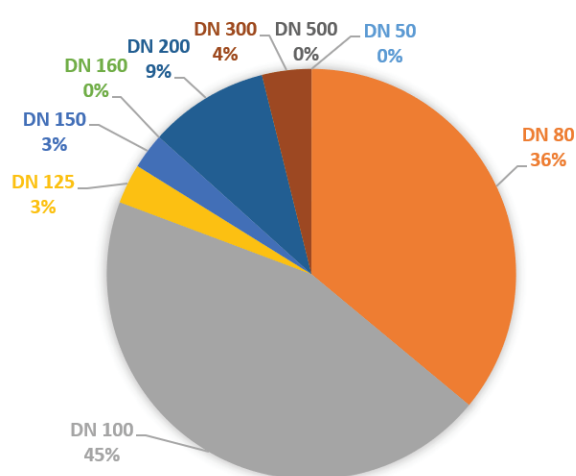
Tabulka 11 – Délky potrubí ve vybraných MO podle dimenze [36]

MO / DN	MO 2	MO 3	MO 5	MO 6	MO 11	MO 12	MO 13	Součet délky dle DN [m]
DN 50	-	-	-	-	6,2	-	-	6,2
DN 80	3 551,5	1 720,6	1 256,1	4 010,4	1 097,4	4 239,2	1 288,0	17 163,3
DN 100	5 396,1	565,7	3 024,1	5 216,3	1 837,2	4 531,3	744,7	21 315,4
DN 125	-	-	968,4	523,8	-	-	-	1 492,3
DN 150	-	-	167,5	838,8	-	302,4	29,0	1 337,7
DN 160	-	-	-	-	0,2	-	-	0,2
DN 200	-	-	154,6	469,7	-	3 721,4	173,7	4 519,4
DN 300	-	-	-	1 853,8	-	-	-	1 853,8
DN 500	1,6	-	-	-	-	-	-	1,6
Délka v MO [m]	8 949,3	2 286,3	5 570,8	12 912,8	2 941,1	12 794,3	2 235,4	47 689,9

ZASTOUPENÍ MATERIÁLU DLE DÉLKY



ZASTOUPENÍ DIMENZÍ DLE DÉLKY



Obrázek 18 – Procentuální zastoupení délky potrubí ve vybraných MO dle materiálu a dimenze

4.3 MĚŘICÍ OKRSKY (DMA)

Pro potřeby *hydraulické analýzy vodovodu města Valašské Meziříčí* bylo území rozděleno na 18 měřicích okrsků viz tabulka 12, ze kterých bylo pro účely diplomové práce vybráno 7 měřicích okrsků (zvýrazněné tučně). Měřicí okrsky byly vybrány na základě toho, že se nejedná o tranzitní pásma, která jsou zatížena značnou nejistotou sady dat o průtocích, což vede k nepřesnému stanovení složek MNP. Hranice jednotlivých měřicích okrsků jsou patrné z přílohy č.1 – Přehledná situace vodovodní sítě Valašské Meziříčí.

Tabulka 12 – Měřicí okrsy vodovodní sítě Valašské Meziříčí [36]

MO	Zahrnuje TP	Název měřicího okrsku
MO 1	TP 49, 127	Štěpánov HTP
MO 2	TP 33, 34, 188, 223	Štěpánov HTP - regulátor Hrachovec
MO 3	TP 174	ATS Štěpánov VDJ HTP
MO 4	TP 80	Štěpánov DTP - Sokolská
MO 5	TP 80	Štěpánov DTP - VŠ Sokolská
MO 6	TP 80	Štěpánov DTP - Tržnice & Tolstého
MO 7	TP 80	Štěpánov DTP - VŠ Tržnice & Tolstého
MO 8	TP 80	Štěpánov DTP - VŠ Hranická
MO 9	TP 35, 171	Helštýn
MO 10	TP 66, 171	Helštýn - VŠ Bynina
MO 11	TP 117	Juřinka
MO 12	TP 41, 42, 172	Poličná
MO 13	TP 90	Krhová starý - Hrádky
MO 14	TP 90	Krhová starý
MO 15	TP 128	Krhová nový
MO 16	TP 5, 198	Podlesí HTP
MO 17	TP 43 ¹⁾	ČS ÚV Valašské Meziříčí
MO 18	²⁾	SV Stanovnice

Pozn.:

¹⁾ Jedná se o výtlač z ÚV do VDJ Štěpánov http.

²⁾ V daném měřicím okrsku není zahrnuto TP z toho důvodu, že se jedná o přivaděč Stanovnice.

Délky a počty přípojek jednotlivých měřicích okrsků byly odečteny z matematického modelu vodovodní sítě. Počet bytových jednotek v každém z okrsků byl stanoven individuálně, při stanovení byly dodrženy následující předpoklady:

- ke každé nemovitosti je přivedena pouze 1 vodovodní přípojka,
- 8. patrové domy obsahují 2,3 a 5 b.j.·patro⁻¹,
- 4. patrové domy obsahují 2 a 4 b.j.·patro⁻¹,
- 3. patrové domy obsahují 5 b.j.·patro⁻¹,
- 2. patrové domy obsahují 2 b.j.·patro⁻¹

Počet pater a bytových jednotek jednotlivých panelových domů byl stanoven prostřednictvím mapového portálu Mapy.cz.

Počet zásobených obyvatel vychází z charakteru měřicího okrsku dle hustoty zástavby. Každé z kategorie byl odhadem přiřazen počet obyvatel na jednu bytovou jednotku viz tabulka 14, tato hodnota pak byla násobena počtem určených bytových jednotek v jednotlivých měřicích okrcích.

Tabulka 13 – Souhrnné informace vybraných MO

MO	Zahrnuje TP	Délka potrubí [km]	Počet vodovodních přípojek	Počet bytových jednotek	Počet zásobených obyvatel (odhad)
MO 2	TP 33, 34, 188, 223	8,92	230	262	1 505
MO 3	TP 174	2,29	102	102	386
MO 5	TP 80	5,52	146	1090	931
MO 6	TP 80	12,94	427	1450	2 183
MO 11	TP 117	5,85	132	132	987
MO 12	TP 41, 42, 172	11,93	367	443	2 013
MO 13	TP 90	2,03	44	44	343
Valašské Meziříčí celkem		153,41	4794	-	25 884

Další charakteristické informace pro jednotlivé měřicí okrsky jsou uvedeny v tabulce 15.

Tabulka 14 – Počet obyvatel na bytovou jednotku dle charakteru měřicího okrsku

Charakter měřicího okrsku	Zkratka	Počet obyvatel
Vodovody malých obcí	VMO	2
Individuální zástavba	IZ	3
Smíšená městská zástavba	SMZ	2
Sídlištní zástavba	SZ	2

Popis vybraných měřicích okrsků: [36]

MO 2 - Štěpánov HTP – regulátor Hrachovec – TP 33, 34, 188, 223

- Jedná se měřicí okrsek, který leží východně od centra města a zároveň tvoří okrajový MO. Zahrnuje čtyři tlaková pásma (TP 33, 34, 188, 223). Napájecím uzlem pro první dvě zmíněné tlakové pásma je VDJ Valašské Meziříčí Štěpánov HTP – regulátor Hrachovec Pro TP 188 je to VDJ Valašské Meziříčí Štěpánov HTP a pro TP 223 pak VDJ Vsetín Sychrov DTP. Okrsek je tvořen převážně zástavbou rodinných domů, charakteristicky tak spadá do skupinových vodovodů malých obcí.

MO 3 - ATS Štěpánov VDJ HTP – TP 174

- Jedná se o nejmenší řešený měřicí okrsek, který se nachází jihovýchodně od centra města Valašské Meziříčí, zahrnuje jedno tlakové pásmo TP 174. Napájecím uzlem MO je VDJ Valašské Meziříčí Štěpánov HTP. Okrsek je tvořen pouze zástavbou rodinných domů, charakteristicky tak spadá do skupinových vodovodů malých obcí.

MO 5 - Štěpánov DTP – VŠ Sokolská – TP 80

- MO 5 je jedním z okrsků, které se nachází v centru města Valašské Meziříčí, společně s MO 6 zahrnuje tlakové pásmo TP 80. Napájecím uzlem těchto MO je VDJ Valašské Meziříčí Štěpánov DTP s celkovým objemem 2 400 m³. V daném okrsku se nachází mnoho panelových bytových domů, z toho důvodu spadá do smíšené městské zástavby.

MO 6 - Štěpánov DTP – Tržnice & Tolstého – TP 80

- Dalším MO, který se nachází v centru města je měřicí okrsek MO 6, který, stejně jako MO 5, zahrnuje tlakové pásmo TP 80 a napájecím uzlem je výše zmíněný VDJ Valašské Meziříčí Štěpánov DTP o celkovém objemu 2 400 m³. Daný okrsek charakteristicky spadá do kategorie individuální zástavby.

MO 11 – Juřinka – TP 117

- Měřicí okrsek Juřinka je jedním z největších okrsků. Nachází se severozápadně od centra města a zároveň se jedná o okrajový MO. Zahrnuje tlakové pásmo 117. Napájecím uzlem je VDJ Valašské Meziříčí Juřinka o celkovém objemu 100 m³. Okrsek je tvořen pouze zástavbou rodinných domů, charakteristicky tak spadá do skupinových vodovodů malých obcí.

MO 12 – Poličná – TP 41, 42, 172

- Dalším velkým okrskem je MO 12, který se nachází severně od centra města a zahrnuje tři tlaková pásma. Napájecím uzlem všech třech TP je VDJ Poličná o celkovém objemu 300 m³. Daný okrsek je tvořen převážně zástavbou rodinných domů, charakteristicky tak spadá do skupinových vodovodů malých obcí.

MO 13 - Krhová starý – Hrádky – TP 90

- Měřicí okrsek Krhová starý – Hrádky je malý okrsek ležící východně od centra města. Zahrnuje jedno tlakové pásmo. Napájecím uzlem je VDJ Krhová starý o celkovém objemu 2 400 m³. Tento okrsek je tvořen pouze zástavbou rodinných domů, charakteristicky tak spadá do skupinových vodovodů malých obcí.

Tabulka 15 – Charakteristika vybraných měřicích okrsků

Měřicí okres	Počet zásobovaných obyvatel	Délka sítě [km]	Počet vodovodních přípojek	Počet bytových jednotek	Charakter měřicího okrsku C [-] ¹⁾	Charakter měřicího okrsku ²⁾	Prům. hydrodyn. tlak [m v.sl.] ³⁾	Hodnota koeficientu N1 ⁴⁾	Hodnota opravného faktoru CF ⁵⁾	Hodnota faktoru NDF ⁶⁾	Hodnota MNP [$l \cdot s^{-1}$] ⁷⁾	Doba MNP ⁸⁾
MO ₂	524	8,92	230	262	29	VMO	43,19	1,50	1,00	22,94	0,10	3:00-4:00
MO ₃	204	2,29	102	102	45	VMO	44,57	1,50	1,00	22,97	0,10	3:00-4:00
MO ₅	2180	5,52	146	1090	197	SMZ	65,00	1,50	1,00	23,28	0,50	3:00-4:00
MO ₆	4350	12,94	427	1450	112	IZ	50,00	1,50	1,00	23,08	0,08	5:00-6:00
MO ₁₁	264	5,85	132	132	23	VMO	32,41	1,50	1,00	22,61	0,10	3:00-4:00
MO ₁₂	886	11,93	367	443	37	VMO	43,67	1,50	1,00	22,95	0,20	3:00-4:00
MO ₁₃	88	2,03	44	44	22	VMO	30,00	1,50	1,00	22,50	0,10	3:00-4:00

Pozn.:

- ¹⁾ Charakter měřicího okrsku C byla stanovena dle rovnice 3.1
- ²⁾ Slovní charakter měřicího okrsku byla stanovena dle tabulky 8
- ³⁾ Hodnota průměrného hydrodynamického tlaku byla převzata z matematického modelu
- ⁴⁾ Hodnota koeficientu N1 byla stanovena dle konceptu FAVAD (tabulka 9)
- ⁵⁾ Hodnota opravného faktoru CF byla stanovena dle obrázku 13
- ⁶⁾ Hodnota faktoru NDF byla stanovena dle rovnice 3.4
- ⁷⁾ Hodnota MNP je rovna nejnižšímu průtoku v síti během dne.
- ⁸⁾ Doba výskytu MNP byla stanovena z analýzy spotřeby vody

4.4 ANALÝZA SPOTŘEBY VODY

Pro potřeby analýzy spotřeby vody byla použita data průměrných hodinových průtoků na odtoku z vodojemů, čerpacích stanic nebo ATS na celé síti za období od 1.1.2017 00:00 do 31.12.2017 23:00. Jedná se o data, která jsou měřena a následně ukládána na centrální dispečink provozovatele vodovodní sítě. V samotné analýze byly zpracovány průměrné hodinové průtoky pro pracovní a nepracovní dny. Poměr pracovních dní a nepracovních dní v roce 2017 byl 251 dnů a 114 dnů.

Z výsledků analýzy dostáváme sady časových průběhů spotřeby vody v každém měřicím okrsku. Samotné křivky pak znázorňují průběh průměrné spotřeby vody, dále pak průběh minimální i maximální spotřeby, které jsou označovány jako tzv. obalové křivky. Průběhy těchto křivek jsou stanoveny z dat pro všechny dny, ve kterých jsou sjednoceny pracovní a nepracovní dny. Byly stanoveny hodnoty průměrné denní, maximální denní, maximální hodinové a minimální denní spotřeby vody pro všechny dny i zvlášť pro pracovní dny a nepracovní dny. Dále byly také stanoveny koeficienty nerovnoměrnosti. Výsledky slouží jako podklad pro stanovení MNP ve vybraných měřicích okresech.

Při zpracování souboru dat byla vyloučena všechna data, která nesplňovala tzv. *pravidlo 3 σ* . Dané pravidlo říká, že se všechny relevantní hodnoty nachází právě ve vzdálenosti třech směrodatných odchylek od střední hodnoty (na obě strany). Použití pravidla vedlo k „pročištění“ dat, která nejsou relevantní.



Obrázek 19 – Proces analýzy spotřeby vody [24]

V tabulce 16 jsou uvedeny hodnoty průměrné denní potřeby vody Q_p , maximální denní potřeby vody Q_m a maximální hodinové potřeby vody Q_h pro všechny měřicí okrsky. Vybrané měřicí okrsky jsou zvýrazněny tučně.

Tabulka 16 – Přehled spotřeby vody v jednotlivých MO [36]

MO	Název měřicího okrsku	Q_p	Q_m	Q_h
		[l·s ⁻¹]	[m ³ ·den ⁻¹]	[l·s ⁻¹]
MO 1	Štěpánov HTP	9,22	1045,4	32,78
MO 2	Štěpánov HTP - regulátor Hrachovec	1,24	153,0	3,58
MO 3	ATS Štěpánov VDJ HTP	0,49	63,0	1,70
MO 4	Štěpánov DTP - Sokolská	5,35	605,5	13,23
MO 5	Štěpánov DTP - VŠ Sokolská	3,96	409,0	9,10
MO 6	Štěpánov DTP - Tržnice & Tolstého	5,44	637,6	16,50
MO 7	Štěpánov DTP - VŠ Tržnice & Tolského	4,85	1043,3	20,70
MO 8	Štěpánov DTP - VŠ Hranická	7,95	1168,2	19,70
MO 9	Helštýn	9,69	1330,9	28,20
MO 10	Helštýn - VŠ Bynina	0,77	100,2	2,10
MO 11	Juřinka	0,29	32,4	1,20
MO 12	Poličná	1,78	214,6	5,20
MO 13	Krhová starý - Hrádky	0,35	44,6	1,30
MO 14	Krhová starý	0,82	101,2	3,70
MO 15	Krhová nový	1,14	154,8	4,20
MO 16	Podlesí HTP	0,25	27,9	1,20
MO 17	ČS ÚV Valašské Meziříčí	1,00 ¹⁾	2160,0	-
Celkem		54,59	-	-

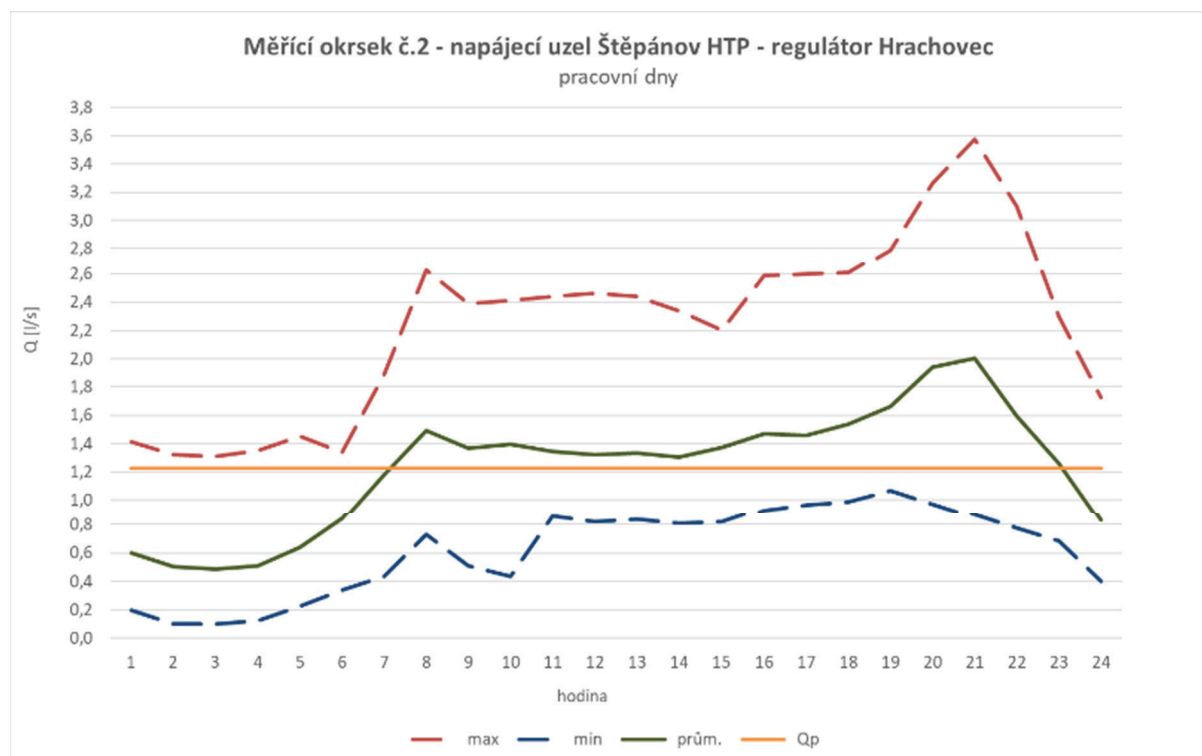
Pozn.:

¹⁾ Jedná se o odhad ztrátového průtoku, který je uvažován konstantní během celého dne

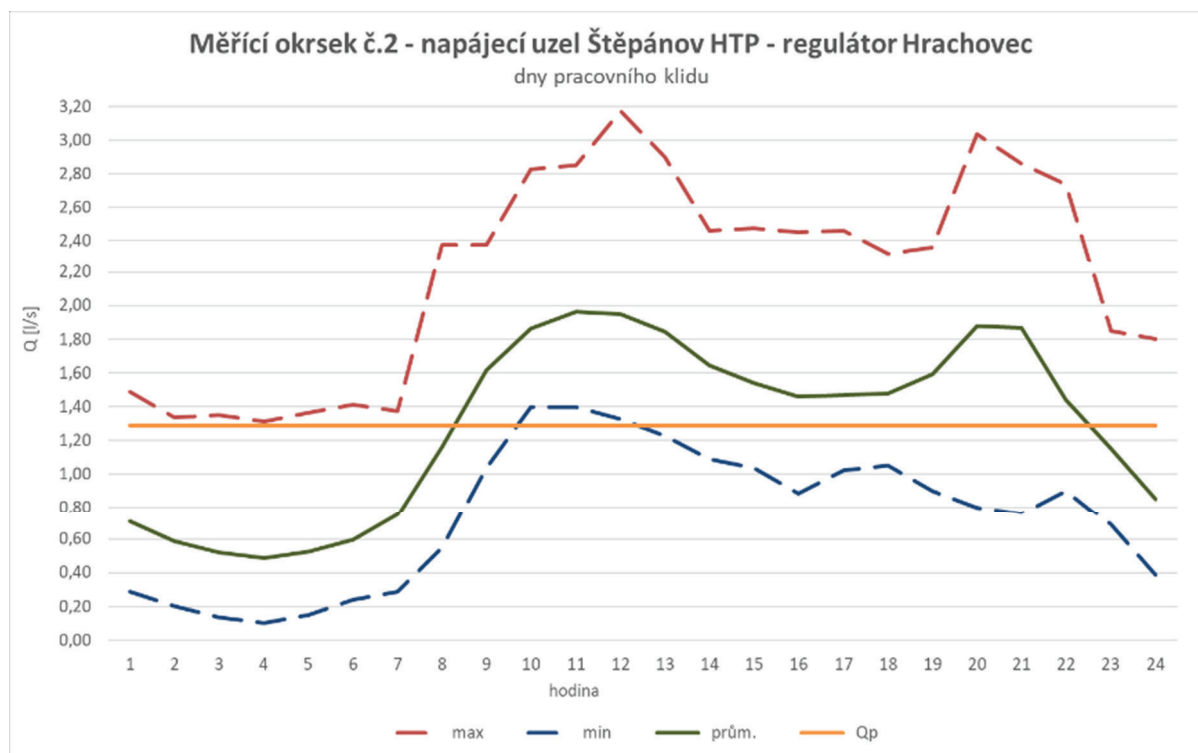
V následujících tabulkách 17–23 a obrázcích 20–33 jsou uvedeny podrobné výsledky analýzy spotřeby vody ve vybraných měřicích okresech.

Tabulka 17 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 2 – TP 33, 34, 188, 223

Měřicí okresek č. 2 - napájecí uzel Štěpánov HTP – regulátor Hrachovec		pracovní dny	dny pracovního klidu	všechny dny
Q_p	$[l \cdot s^{-1}]$	1,23	1,29	1,24
Q_m	$[l \cdot s^{-1}]$	1,75	1,77	1,77
	$[m^3 \cdot d^{-1}]$	151,4	153,1	153,1
Q_h	$[l \cdot s^{-1}]$	3,58	3,18	3,58
Q_{min}	$[l \cdot s^{-1}]$	0,10	0,10	0,10
% Q_p	[%]	0,34	0,32	0,33
k_h	[-]	2,04	1,79	2,02
k_d	[-]	1,43	1,38	1,42



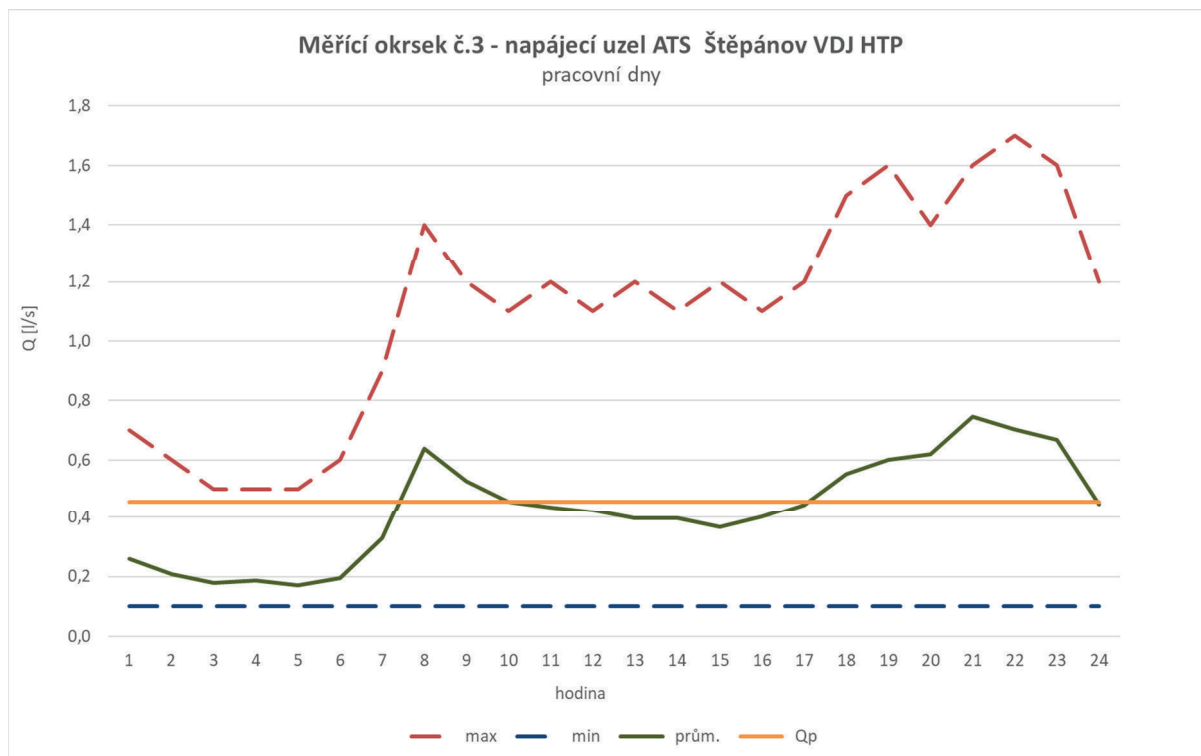
Obrázek 20 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 2 – TP 33, 34, 188, 223



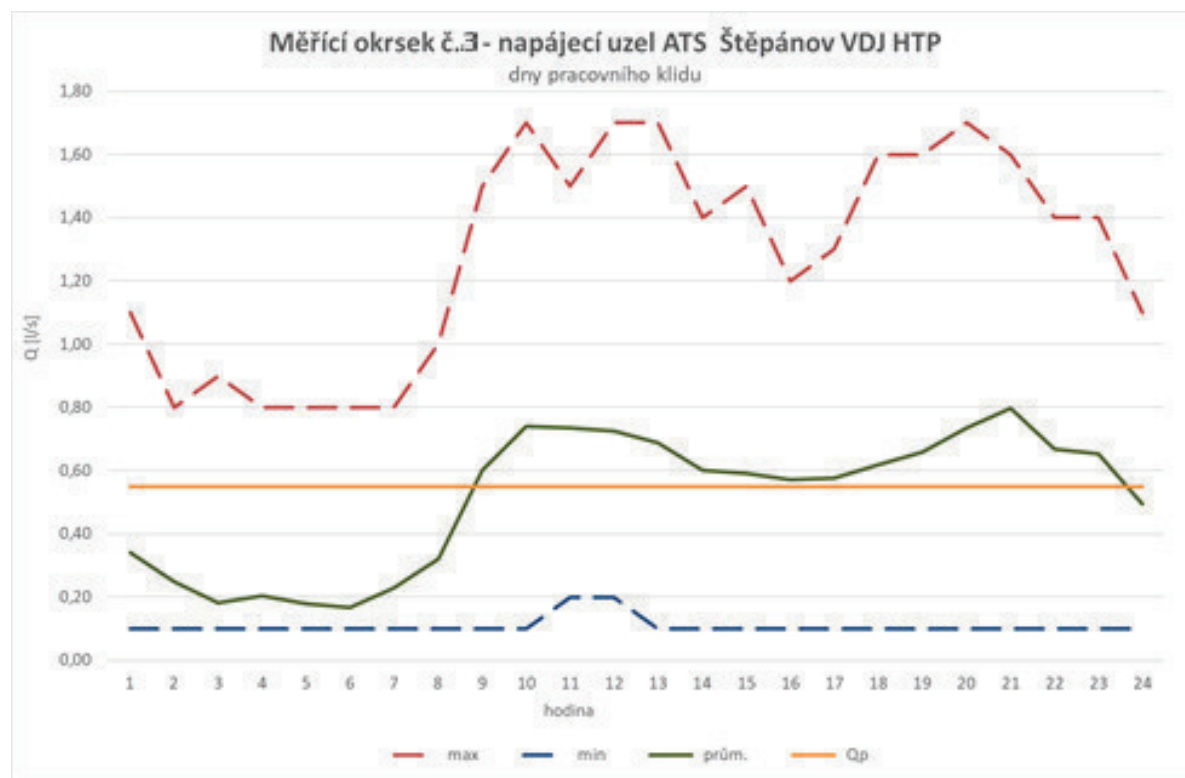
Obrázek 21 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 2 – TP 33, 34, 188, 223

Tabulka 18 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 3 – TP 174

Měřicí okresek č. 3 - napájecí uzel ATS Štěpánov VDJ HTP		pracovní dny	dny pracovního klidu	všechny dny
Q_p	$[l \cdot s^{-1}]$	0,46	0,55	0,49
Q_m	$[l \cdot s^{-1}]$	0,71	0,73	0,73
	$[m^3 \cdot d^{-1}]$	61,6	63,0	63,0
Q_h	$[l \cdot s^{-1}]$	1,70	1,70	1,70
Q_{min}	$[l \cdot s^{-1}]$	0,10	0,10	0,10
% Q_p	[%]	0,91	0,76	0,86
k_h	[-]	2,39	2,33	2,33
k_d	[-]	1,55	1,33	1,50



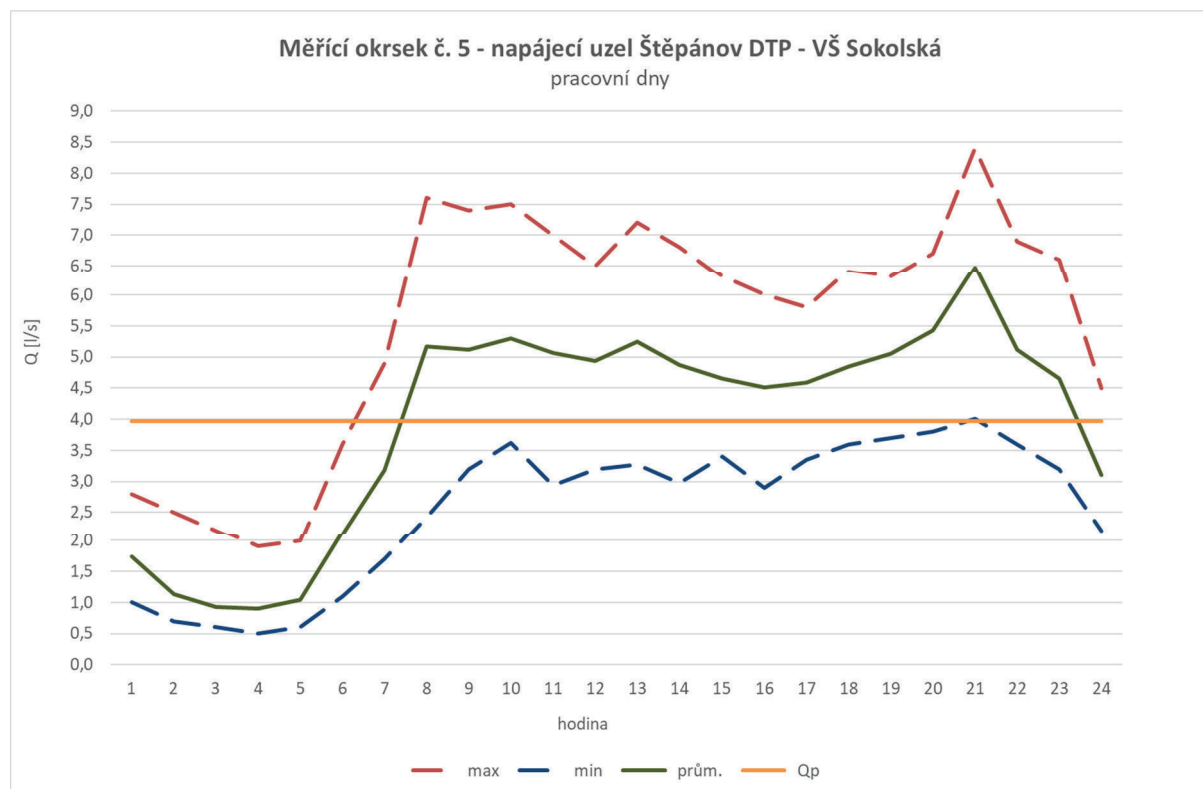
Obrázek 22 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 3 – TP 174



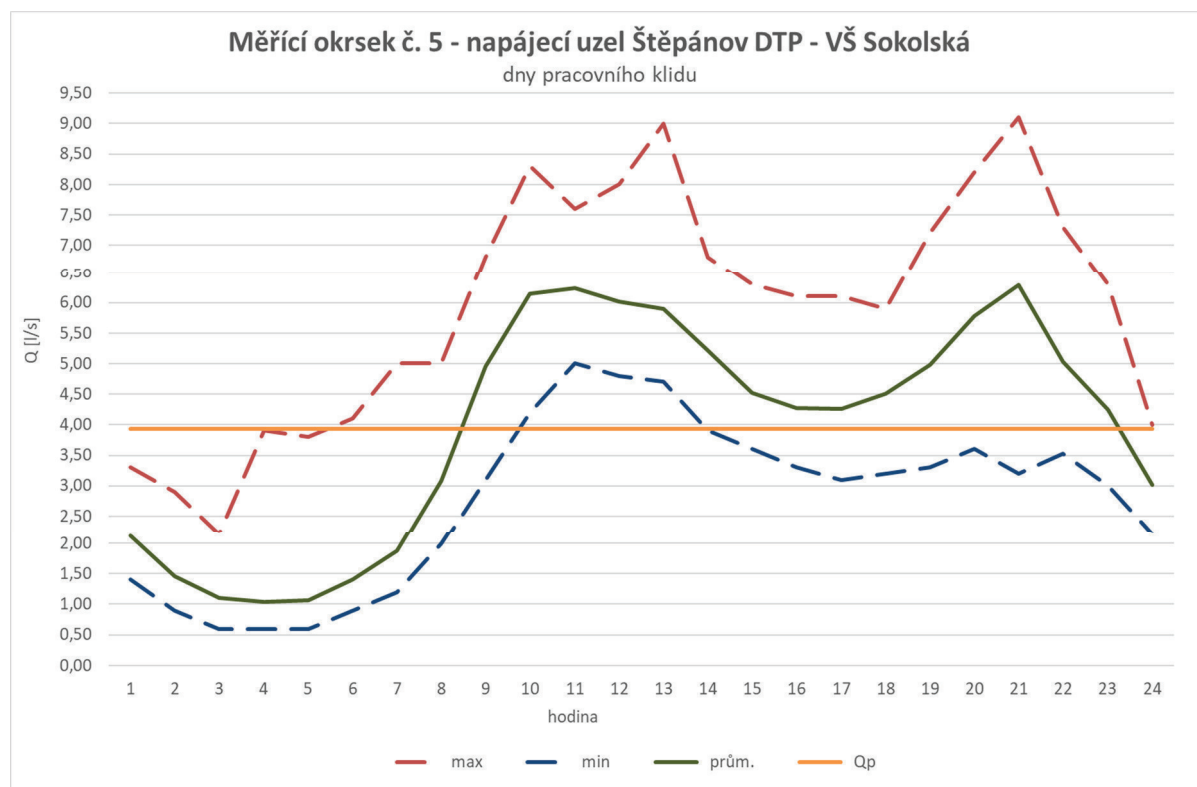
Obrázek 23 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 3 – TP 174

Tabulka 19 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 5 – TP 80

Měřicí okresek č. 5 - napájecí uzel Štěpánov DTP – VŠ Sokolská		pracovní dny	dny pracovního klidu	všechny dny
Q_p	$[l \cdot s^{-1}]$	3,96	3,94	3,96
Q_m	$[l \cdot s^{-1}]$	4,73	4,73	4,73
	$[m^3 \cdot d^{-1}]$	409,0	408,6	409,0
Q_h	$[l \cdot s^{-1}]$	8,40	9,10	9,10
Q_{min}	$[l \cdot s^{-1}]$	0,50	0,60	0,50
% Q_p	[%]	0,53	0,63	0,53
k_h	[-]	1,77	1,92	1,92
k_d	[-]	1,19	1,20	1,20



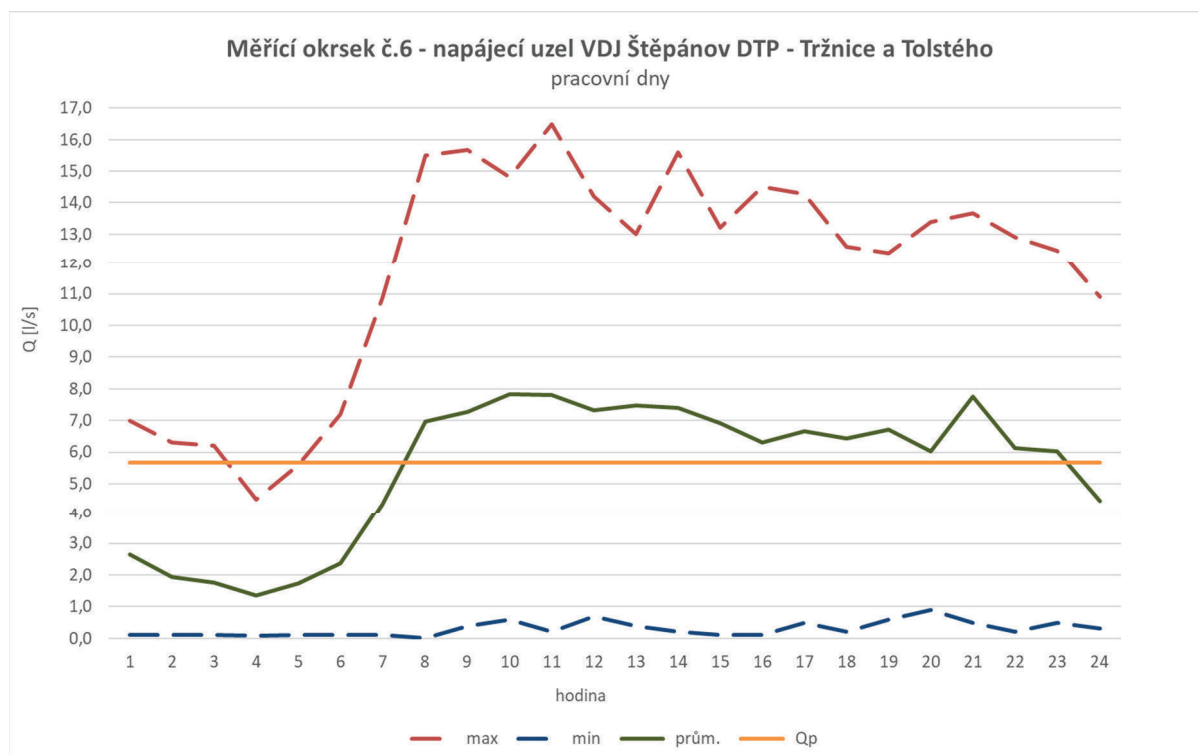
Obrázek 24 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 5 – TP 80



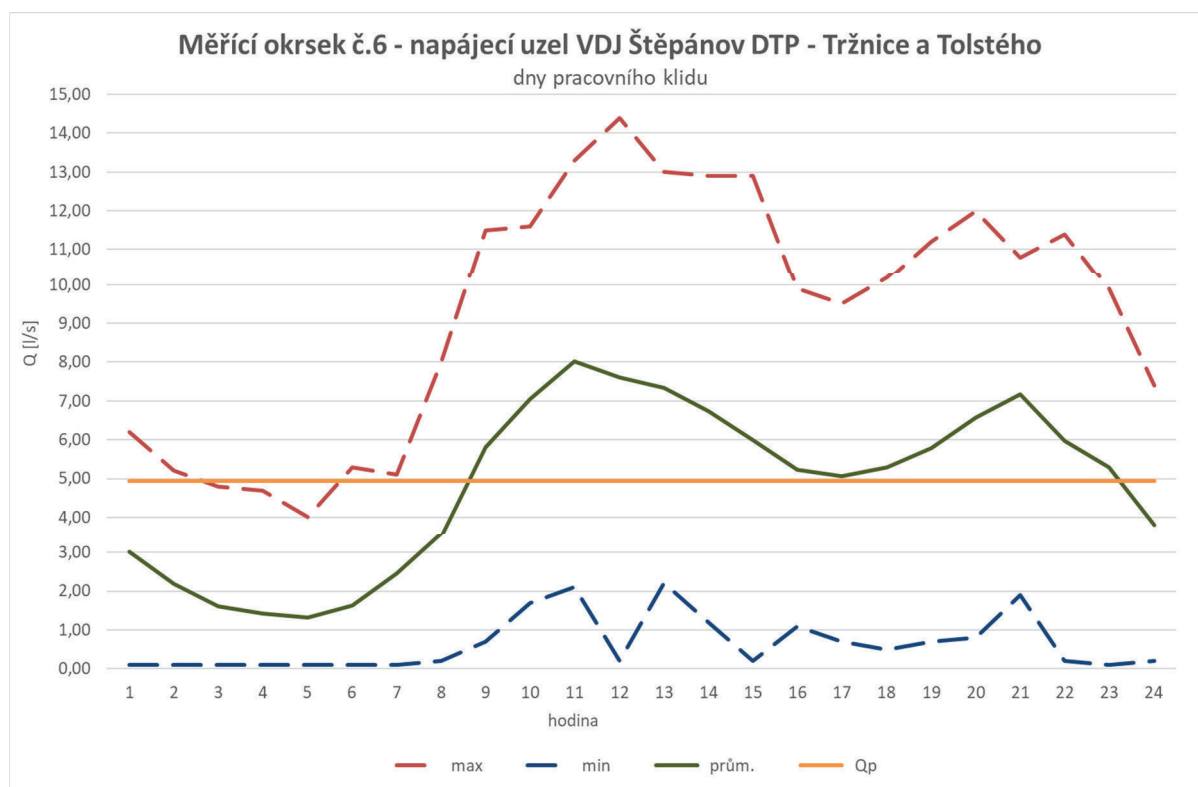
Obrázek 25 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 5 – TP 80

Tabulka 20 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 6 – TP 80

Měřicí okresek č. 6 - napájecí uzel VDJ Štěpánov DTP – Tržnice a Tolstého		pracovní dny	dny pracovního klidu	všechny dny
Q _p	[l·s ⁻¹]	5,67	4,95	5,44
Q _m	[l·s ⁻¹]	7,38	6,92	7,38
	[m ³ ·d ⁻¹]	637,6	597,6	637,6
Q _h	[l·s ⁻¹]	16,50	14,40	16,50
Q _{min}	[l·s ⁻¹]	0,00	0,10	0,08
% Q _p	[%]	0,00	0,08	0,06
k _h	[-]	2,24	2,08	2,24
k _d	[-]	1,30	1,40	1,36



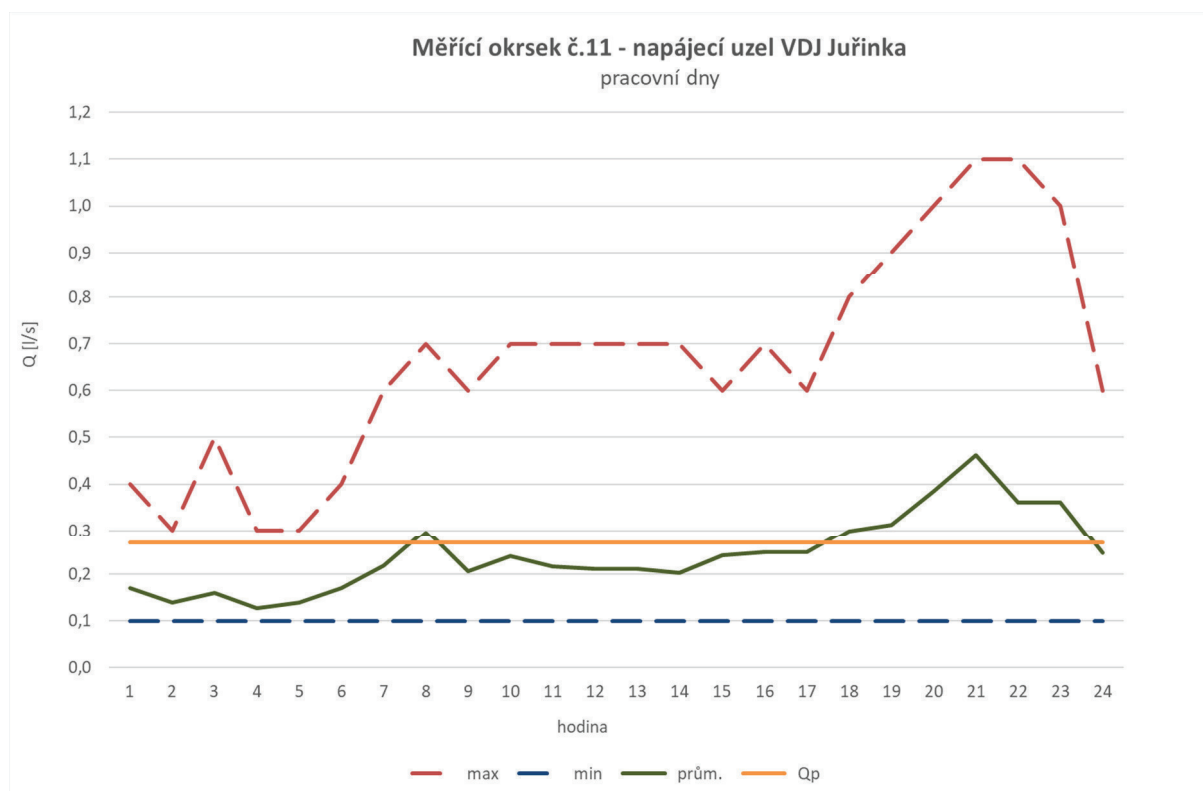
Obrázek 26 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 6 – TP 80



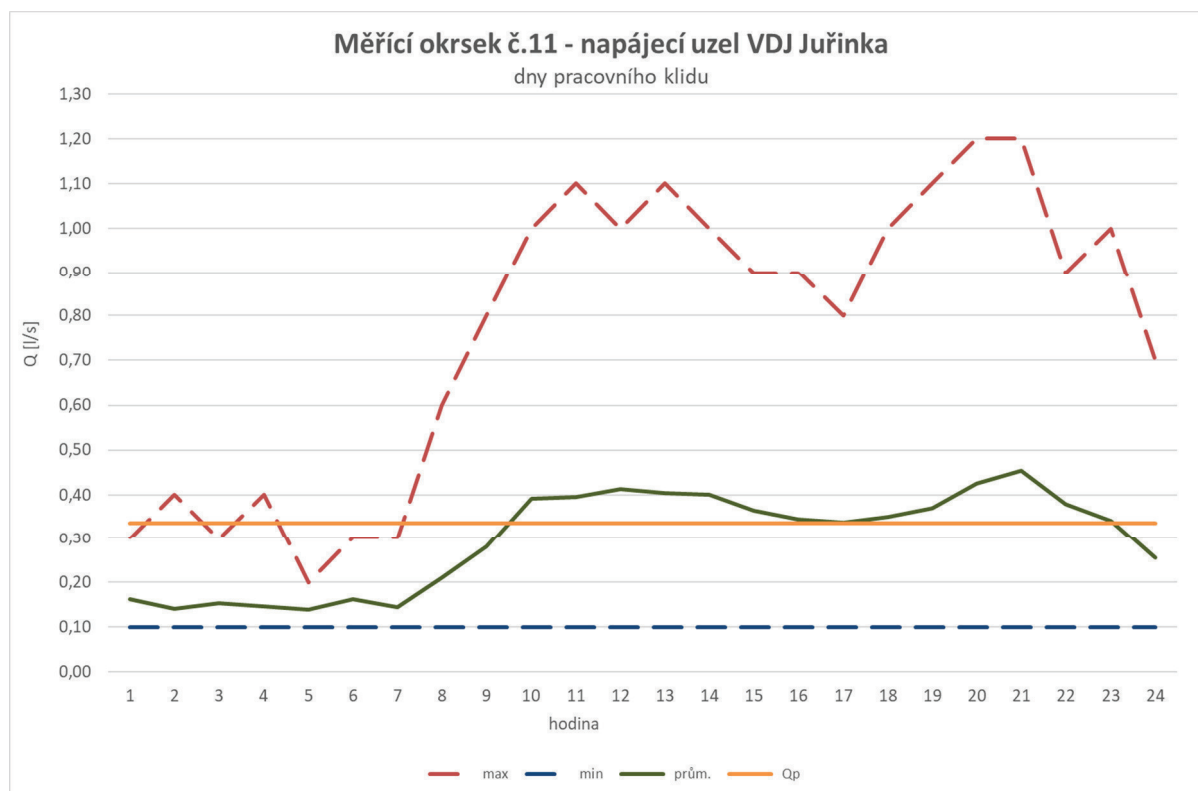
Obrázek 27 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 6 – TP 80

Tabulka 21 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 11 – TP 117

Měřicí okresek č. 11 - napájecí uzel VDJ Juřinka		pracovní dny	dny pracovního klidu	všechny dny
Q_p	$[l \cdot s^{-1}]$	0,27	0,34	0,29
Q_m	$[l \cdot s^{-1}]$	0,32	0,38	0,38
	$[m^3 \cdot d^{-1}]$	27,7	32,4	32,4
Q_h	$[l \cdot s^{-1}]$	1,10	1,20	1,20
Q_{min}	$[l \cdot s^{-1}]$	0,10	0,10	0,10
% Q_p	[%]	1,55	1,24	1,43
k_h	[-]	3,43	3,20	3,20
k_d	[-]	1,19	1,12	1,29



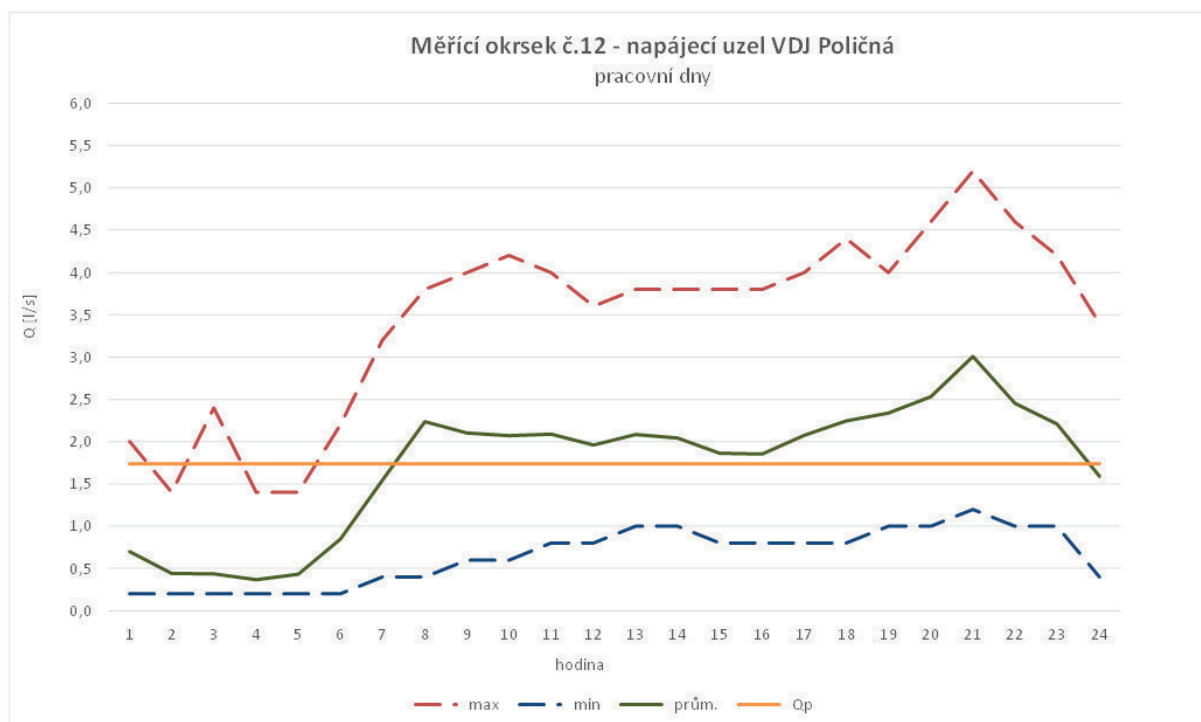
Obrázek 28 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 11 – TP 117



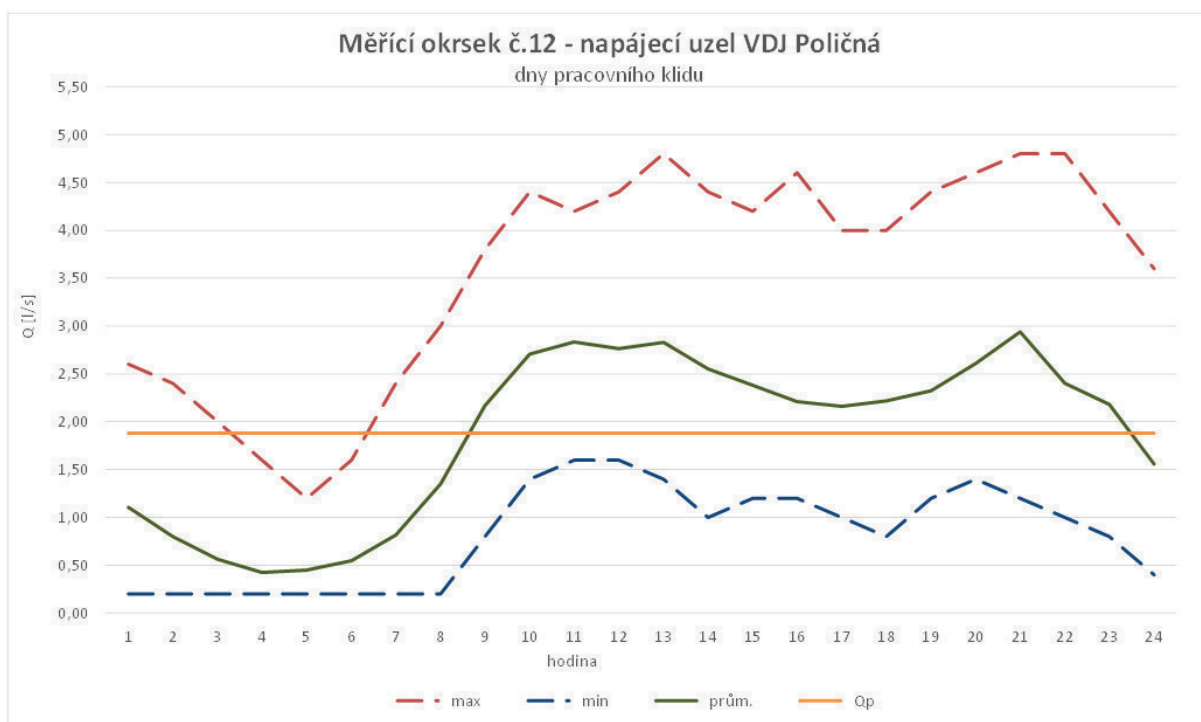
Obrázek 29 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 11 – TP 117

Tabulka 22 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 12 – TP 41, 42, 172

Měřicí okresek č. 12 - napájecí uzel VDJ Poličná		pracovní dny	dny pracovního klidu	všechny dny
Q _p	[l·s ⁻¹]	1,74	1,88	1,78
Q _m	[l·s ⁻¹]	2,33	2,48	2,48
	[m ³ ·d ⁻¹]	200,88	214,56	214,56
Q _h	[l·s ⁻¹]	5,20	4,80	5,20
Q _{min}	[l·s ⁻¹]	0,20	0,20	0,20
% Q _p	[%]	0,48	0,44	0,47
k _h	[-]	2,24	1,93	2,09
k _d	[-]	1,34	1,32	1,39



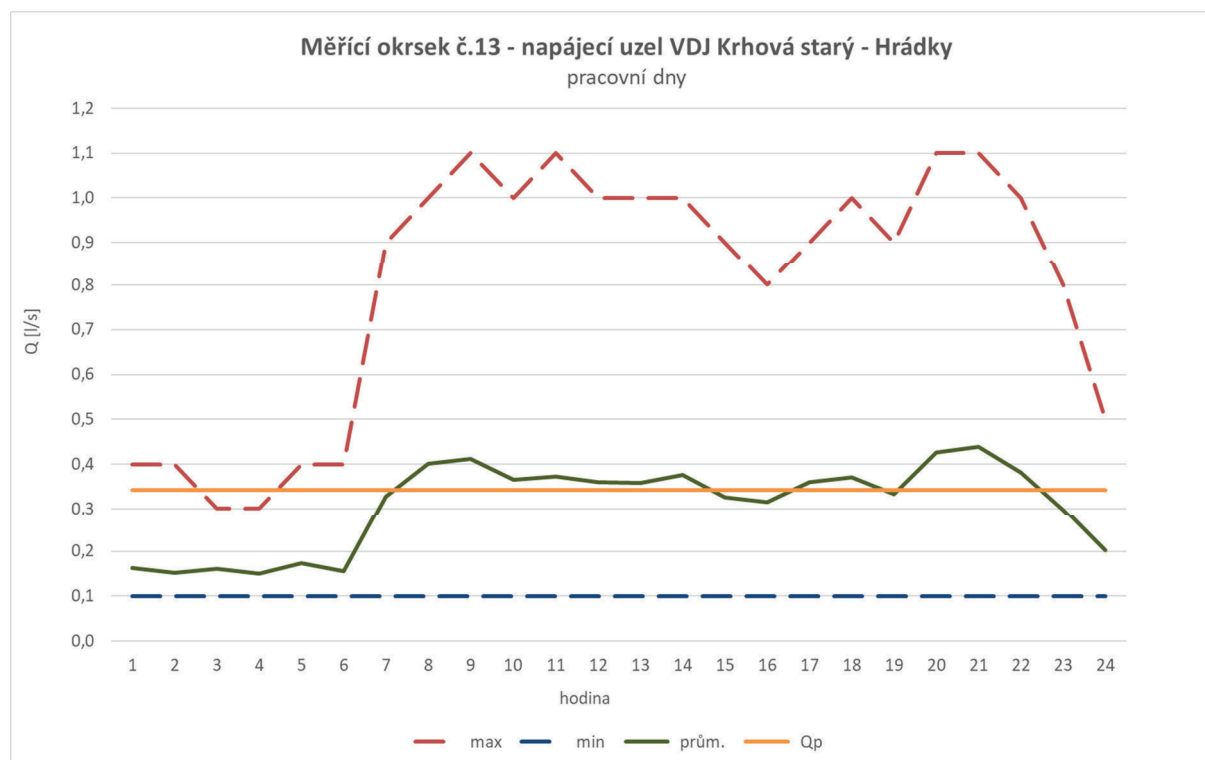
Obrázek 30 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 12 – TP 41, 42, 172



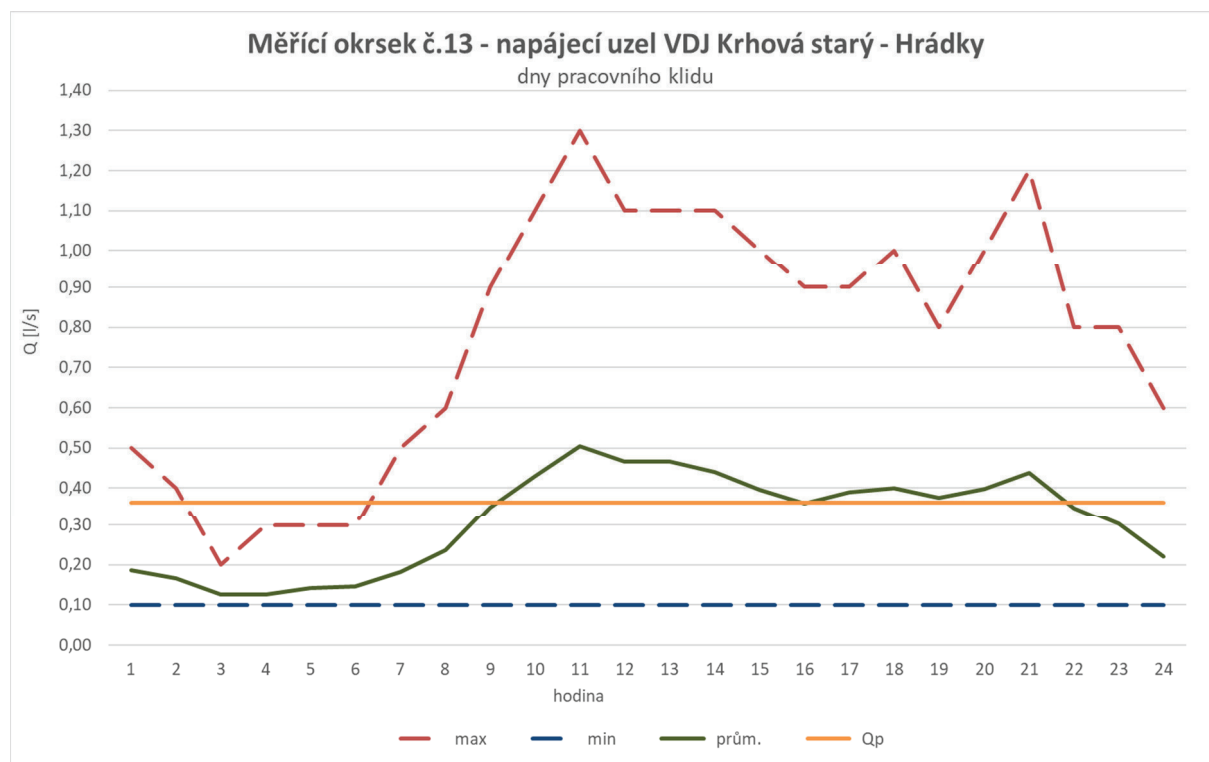
Obrázek 31 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 12 – TP 41, 42, 172

Tabulka 23 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 13 – TP 90

Měřicí okresek č. 13 - napájecí uzel VDJ Krhová starý – Hrádky		pracovní dny	dny pracovního klidu	všechny dny
Q_p	$[l \cdot s^{-1}]$	0,34	0,36	0,35
Q_m	$[l \cdot s^{-1}]$	0,52	0,41	0,52
	$[m^3 \cdot d^{-1}]$	44,6	35,3	44,6
Q_h	$[l \cdot s^{-1}]$	1,10	1,30	1,30
Q_{min}	$[l \cdot s^{-1}]$	0,10	0,10	0,10
% Q_p	[%]	1,22	1,15	1,20
k_h	[-]	2,13	3,18	2,52
k_d	[-]	1,51	1,12	1,48



Obrázek 32 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 13 – TP 90



Obrázek 33 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 13 – TP 90

4.5 MINIMÁLNÍ NOČNÍ PRŮTOK

Vstupní hodnoty, které byly potřebné pro vyhodnocení MNP byly použity z výsledků *Hydraulické analýzy vodovodu města Valašské Meziříčí*. V rámci analýzy byl sestaven matematický model dané sítě, který neobsahuje vodovodní přípojky ani části vnitřních vodovodů. Matematický model byl verifikován pro 24 časových kroků a reprezentuje chování vodovodní sítě během jednoho reprezentativního dne (*kvazi-stacionární model* pro 24 h), na základě měření tlaků a průtoků v síti.

4.5.1 Přehled MNP

Z tabulky 24 jsou patrné hodnoty MNP s dobou jejich výskytu pracovní dny, nepracovní dny a všechny dny, tyto hodnoty jsou uvedeny pro vybrané měřicí okrsky. Pro dekompozici MNP byly použity data pro všechny dny (pravá část tabulky).

Hodnoty MNP v jednotlivých měřicích okrscích se téměř nemění v závislosti na typu dnů. Drobné navýšení hodnot nastává v nepracovní dny pro měřicí okrsek 5 a 6. Tyto okrsky leží v centru města, navýšení hodnot je způsobené aktivitou obyvatelstva, která bývá obecně vyšší právě pro centra měst. Doby výskytu MNP se pohybují v intervalu 2:00 – 5:00, nejvyšší četnost však zaujímá doba mezi 3:00 – 4:00.

Tabulka 24 – Přehled minimálních průtoků ve vybraných měřicích okresech

MO	Charakter MO	pracovní dny		nepracovní dny		všechny dny	
		Q_{\min} [l/s]	doba výskytu	Q_{\min} [l/s]	doba výskytu	Q_{\min} [l/s]	doba výskytu
MO 2	Vodovody malých obcí	0,10	2:00 - 3:00	0,10	3:00 - 4:00	0,10	3:00 - 4:00
MO 3	Vodovody malých obcí	0,10	3:00 - 4:00	0,10	3:00 - 4:00	0,10	3:00 - 4:00
MO 5	Smíšená městská zástavba	0,50	3:00 - 4:00	0,60	3:00 - 4:00	0,50	3:00 - 4:00
MO 6	Individuální zástavba	0,08	3:00 - 4:00	0,10	4:00 - 5:00	0,08	3:00 - 4:00
MO 11	Vodovody malých obcí	0,10	3:00 - 4:00	0,10	4:00 - 5:00	0,10	3:00 - 4:00
MO 12	Vodovody malých obcí	0,20	4:00 - 5:00	0,20	4:00 - 5:00	0,20	4:00 - 5:00
MO 13	Vodovody malých obcí	0,10	3:00 - 4:00	0,10	3:00 - 4:00	0,10	3:00 - 4:00

4.6 DEKOMPOZICE MNP

Pro všechny vybrané měřicí okrsy byla provedena dekompozice MNP na jeho jednotlivé složky. Před výpočtem bylo nutné zajistit potřebná vstupní data, které charakterizují daný měřicí okrsek. [37]

Mezi vstupní data patří:

- délka vodovodního řadu [km],
- počet vodovodních přípojek,
- počet bytových jednotek,
- počet zásobených obyvatel,
- průměrný provozní tlak [m v. sl.],
- naměřený minimální noční průtok [$l \cdot s^{-1}$]

Mezi další vstupní hodnoty patří doporučené hodnoty množství skrytých ztrát. Hodnoty daných ztrát byly určeny na základě informací z použité literatury [37] a slouží k výpočtu objemu skrytých úniků a běžné noční spotřeby domácností.

Mezi tyto vstupní data patří:

- skryté ztráty na veřejném vodovodu [$l \cdot km^{-1} \cdot hod^{-1}$],
- skryté ztráty na vodovodních přípojkách [$l \cdot příp.^{-1} \cdot hod^{-1}$],
- skryté ztráty na vnitřních vodovodech [$l \cdot bj^{-1} \cdot hod^{-1}$],
- aktivní procento obyvatel během noci [%],
- specifický průtok pro obyvatelstvo [$l \cdot os^{-1} \cdot hod^{-1}$]

4.6.1 Výpočet běžné noční spotřeby

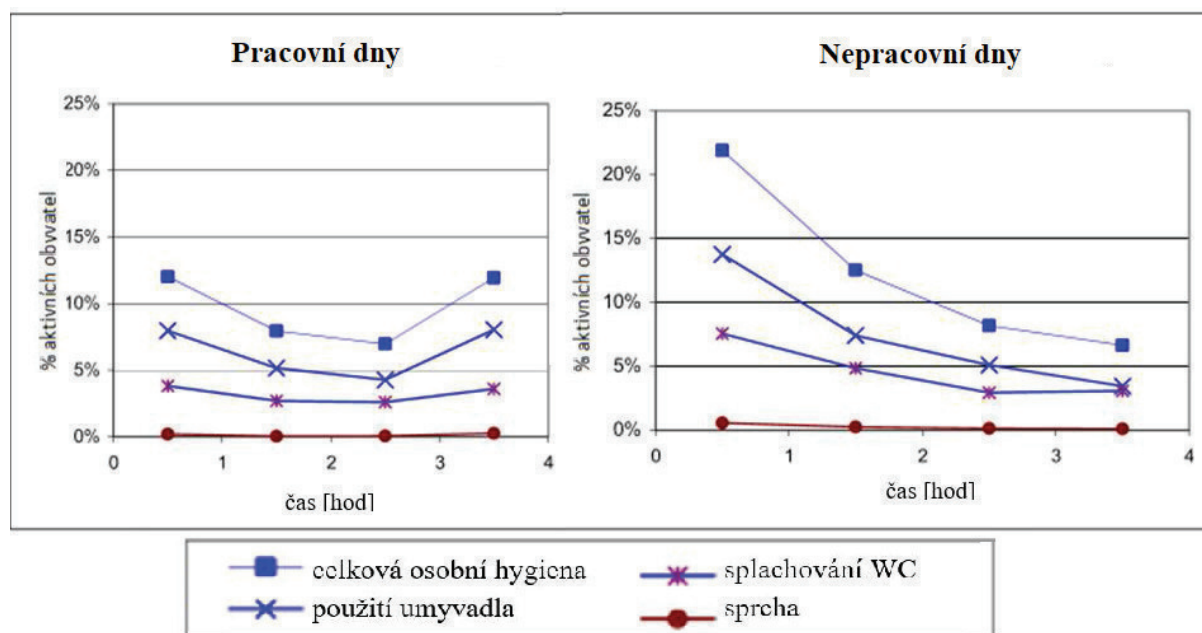
Hodnota běžné noční spotřeby určuje množství vody, která je odebrána z vodovodní sítě během noci, konkrétně v době MNP. Je závislá na určitých normách a relevantních předpokladech, které byly odvozeny z mnohaletých výzkumů.

Celková běžná noční spotřeba Q_{NS} se skládá ze 3 dílčích složek:

- $Q_{NS,D}$ – běžná noční spotřeba domácností,
- $Q_{NS,OO}$ – běžná noční spotřeba ostatních odběratelů,
- $Q_{NS,VO}$ – běžná noční spotřeba velkoodběratelů

Běžná noční spotřeba domácností - $Q_{NS,D}$

Jedná se o množství vody, která je odebrána domácnostmi (obyvatelstvem). Hodnota běžné noční spotřeby je úměrně závislá na procentu aktivních obyvatel během noci a dále pak na tom, jakou činnost obyvatel vykonává (použití umyvadla, sprchování, splachování WC aj.). Aktivita obyvatelstva během noci je závislá hlavně na tom, zda se jedná o pracovní dny nebo dny nepracovní, její hodnota se uvádí v rozmezí 3–10 %. V následujícím grafu je znázorněna aktivita obyvatelstva pro pracovní dny a nepracovní dny, kde vodorovná osa znázorňuje čas v hodinách a svislá osa procento aktivních obyvatel. [37], [38]



Obrázek 34 – Aktivita obyvatelstva vyjádřená v % [38]

Běžná noční spotřeba domácností se stanoví dle rovnice:

$$Q_{NS,D} = \frac{PO \cdot \%AO \cdot q_{SPEC,NS}}{1000} \quad [\%] \quad (4.1) [37]$$

kde

$Q_{NS,D}$... běžná noční spotřeba domácností [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]

PO ... počet zásobených obyvatel

%AO ... procento aktivních obyvatel v době MNP [%]

$q_{SPEC,NS}$... specifický průtok pro obyvatelstvo v době MNP [$\text{l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$]

Hodnota specifického průtoku pro obyvatelstvo vychází z množství vody potřeby na spláchnutí WC a to z důvodu, že se jedná o činnost, která má nejvyšší četnost zastoupení z hlediska potřeby vody v nočních hodinách. Množství vody potřebné na jedno spláchnutí se pohybuje v rozmezí 5–12 l. Při určení této hodnoty se nepředpokládá, že by přesně odpovídala realitě, jedná se však o zjednodušení, díky kterému můžeme postoupit s výpočtem a získat alespoň přibližné hodnoty průtoku v měřicím okrsku.

Běžná noční spotřeba ostatních odběratelů – $Q_{NS,00}$

Jedná se o množství vody, která je odebrána ostatními odběrateli, mezi které patří provozované podniky občanské vybavenosti. Podle tabulky 25 jsou menší provozované podniky rozděleny na 5 kategorií s označením A-E. V předposledním sloupci tabulky pak vidíme průměrnou spotřebu pro podniky, které jsou během noci aktivní. V posledním sloupci je pak uvedena průměrná spotřeba pro aktivní i neaktivní podniky.

Tabulka 25 – Průměrné hodnoty nočních průtoků vybrané odběratele [37]

Kategorie		Počet testovaných celkem	Počet aktivních během noci	Průměrná spotřeba pro aktivní [$\text{l} \cdot \text{příp.}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$]	Průměrná spotřeba pro všechny [$\text{l} \cdot \text{příp.}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$]
A	Požární a policejní stanice, banky, kostely, zahrady, úpravny vody, ČOV	123	16	7	0,9
B	Obchody, kanceláře, prádelny, garáže, čerpací stanice, farmy	2013	606	20,5	6,2
C	Hotely, koleje, kavárny, restaurace, ubytovny	505	244	26	12,6
D	Nemocnice, továrny, veřejné WC, staveniště	205	79	53	20,5
E	Domovy důchodců, menší doly a lomy, sanatoria	33	25	80	60,6

Běžná noční spotřeba velkoodběratelů – $Q_{NS,VO}$

Do kategorie velkoodběratelů řadíme odběratele jejichž spotřeba překračuje hodnotu $500 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$, jedná se např. letiště, velké hotely aj. Velkoodběratelé mohou mít významný vliv při zpracování analýzy spotřeby s vyhodnocením MNP, proto bývá jejich spotřeba měřena individuálně. [37]

Celková běžná noční spotřeba – Q_{NS}

Celková běžná noční spotřeba se stanoví jako součet dílčích běžných nočních spotřeb dle rovnice:

$$Q_{NS} = Q_{NS,D} + Q_{NS,OO} + Q_{NS,VO} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (4.2) [37]$$

kde

Q_{NS}	... celková běžná noční spotřeba $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$
$Q_{NS,D}$	... běžná noční spotřeba domácností $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$
$Q_{NS,OO}$	... běžná noční spotřeba ostatních odběratelů $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$
$Q_{NS,VO}$	... běžná noční spotřeba velkoodběratelů $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$

4.6.2 Výpočet skrytých úniků

Množství skrytých úniků je primárně tvořeno úniky vody ze spojů vodovodních rozvodů, tedy ze spojů mezi jednotlivými troubami, armaturami a tvarovky. Další část tvoří úniky vody drobnými prasklinami, které se vyskytují na povrchu potrubí. Množství těchto ztrát je závislé na provozním tlaku ve vodovodní síti a na technickém stavu této sítě, který vypovídá o stáří vodovodního systému, kvalitě údržby a o způsobu, kterým je daný systém provozován. [37]

Skryté úniky dělíme na 3 druhy, kterými jsou:

- $Q_{SU,VOD}$ – skryté úniky na vodovodních řadech,
- $Q_{SU,PRIP}$ – skryté úniky na přípojkách,
- $Q_{SU,VV}$ – skryté úniky na vnitřním vodovodu

Skryté úniky na vodovodních řadech – $Q_{SU,VOD}$

Jedná se o skryté úniky, které vznikají na vodovodním řadu. Vypočítáme je podle následující rovnice:

$$Q_{SU,VOD} = \frac{L \cdot q_{JSU,VOD}}{1000} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (4.3) [37]$$

kde

$Q_{SU,VOD}$	... skryté úniky na vodovodním řadu $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$
L	... délka vodovodní sítě $[\text{km}]$
$q_{JSU,VOD}$	... jednotkový skrytý únik na km řadu $[\text{l} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}]$

Udávaná hodnota jednotkového skrytého úniku pro vodovodní síť, která má průměrný technický stav, se pohybuje v intervalu $20\text{--}60 \text{ l}\cdot\text{km}^{-1}\cdot\text{hod}^{-1}$. [37]

Skryté úniky na přípojkách – $Q_{SU,PRIP}$

Podle vodního zákona, konkrétně zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu se za vodovodní přípojku považuje úsek potrubí, který je vymezen odbočením z vodovodní sítě a vodoměrem, který bývá osazen ve vodoměrné šachtě. Úsek, který je veden od vodoměru až do nemovitosti označujeme jako vnitřní vodovod.

Dané úniky jsou ovlivněny několika faktory, mezi které patří odbornost a kvalita práce při připojení na vodovod a při samotné pokládce potrubí, dále záleží na stáří potrubí a jeho zatěžování nahodilým zatížením od povrchu, dále pak záleží na agresivitě dopravované vody aj. Hodnota jednotkového skrytého úniku na přípojkách se pohybuje v intervalu $1,5\text{--}4,5 \text{ l}\cdot\text{příp}^{-1}\cdot\text{hod}^{-1}$. [37]

Skrytý únik na přípojkách vypočítáme podle rovnice:

$$Q_{SU,PRIP} = \frac{PP \cdot q_{JSU,PRIP}}{1000} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (4.4) [37]$$

kde

$Q_{SU,PRIP}$... skryté úniky na vodovodních přípojkách $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$

PP ... počet vodovodních přípojek [ks]

$q_{JSU,PRIP}$... jednotkový skrytý únik na vodovodních přípojkách $[\text{l}\cdot\text{příp}^{-1}\cdot\text{hod}^{-1}]$

Skryté úniky na vnitřním vodovodu – $Q_{SU,VV}$

Tyto úniky vznikají na trubním úseku vnitřního vodovodu, tedy uvnitř i vně dané nemovitosti. Hodnota skrytého úniku na bytovou jednotku se pohybuje v intervalu $0,5\text{--}1,5 \text{ l}\cdot\text{bj}^{-1}\cdot\text{hod}^{-1}$. Určená hodnota je přímo závislá na technickém stavu vnějších i vnitřních rozvodů. Tyto ztráty nejsou zahrnuty do vody nefakturované. [37]

Skryté úniky na vnitřních vodovodech vypočítáme podle rovnice:

$$Q_{SU,VV} = \frac{BJ \cdot q_{JSU,BJ}}{1000} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (4.5) [37]$$

kde

$Q_{SU,VV}$... skryté úniky na vnitřním vodovodu $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$

BJ ... počet bytových jednotek [ks]

$q_{JSU,BJ}$... jednotkový skrytý únik na bytovou jednotku $[\text{l}\cdot\text{bj}^{-1}\cdot\text{hod}^{-1}]$

Celkové skryté úniky – Q_{SU}

Výsledná hodnota skrytého úniku se stanovuje podle rovnice 4.6 a to za předpokladu, že všechny vstupní parametry za ideálního provozního tlaku, který při hodnocení MNP

nabývá hodnoty 50 m v.sl. Vzhledem k tomu, že hodnoty provozního tlaku ve vodovodní síti mohou kolísat, je nutné vstupní parametry upravit s pomocí konceptu FAVAD. [37]

Skryté úniky tedy vypočítáme ve dvou krocích. V prvním kroku sečteme dílčí složky skrytých úniků, ze kterých dostaneme hodnotu celkového skrytého úniku viz rovnice 4.6.

$$Q_{SU} = Q_{SU,VOD} + Q_{SU,PRIP} + Q_{SU,VV} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (4.6) [37]$$

kde

Q_{SU}	... celkové skryté úniky $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$
$Q_{SU,VOD}$	... skryté úniky na vodovodním řadu $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$
$Q_{SU,PŘÍP}$	... skryté úniky na vodovodních přípojkách $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$
$Q_{SU,VV}$	... skryté úniky na vnitřním vodovodu $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$

V dalším kroku pak použijeme rovnici 4.7.

$$SU_1 = SU_0 \cdot \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N_1} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (4.7) [37]$$

kde

$SU_1 (Q_{SU})$	... suma skrytých úniků při průměrném provozním tlaku $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$
SU_0	... suma skrytých úniků při výchozím tlaku 50 m v. sl. $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$
P_1	... průměrný provozní tlak [m v. sl.]
P_0	... výchozí tlak 50 m v. sl.
N_1	... opravný součinitel tlaku [-]

4.6.3 Ztráty způsobené poruchami potrubí

Jedná se o ztráty způsobené nenahlášenými poruchami neboli haváriemi na vodovodní síti. Množství těchto úniků můžeme přibližně stanovit tak, že od hodnoty MNP odečteme hodnotu celkové běžné noční spotřeby a hodnotu celkových skrytých úniků.

Ztráty způsobené poruchami potrubí vypočítáme podle rovnice:

$$Q_{POR} = MNP - Q_{NS} - Q_{SU} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (4.8) [37]$$

kde

Q_{POR}	... ztráty způsobené poruchami potrubí $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$
MNP	... minimální noční průtok $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$
Q_{NS}	... celková běžná noční spotřeba $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$
Q_{SU}	... celkové skryté úniky $[\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}]$

4.7 VYHODNOCENÍ MNP VE SPOTŘEBIŠTI VALAŠSKÉ MEZIŘÍČÍ

V tabulkách 26–32 jsou uvedeny vstupní hodnoty a výsledky dekompozice MNP pro 7 vybraných měřicích okrsků.

Tabulka 26 – Dekompozice MNP pro MO 2 – Štěpánov HTP – regulátor Hrachovec

MO 2 - Štěpánov HTP - regulátor Hrachovec				
Vstupní hodnoty				
Délka vodovodního řadu	L =	8,92	km	
Počet vodovodních přípojek	p. příp. =	230	ks	
Počet bytových jednotek	p. b.j. =	262	b.j.	
Počet zásobovaných obyvatel	PO =	524	os.	
Průměrný provozní tlak	p =	43,19	m v. sl.	
Naměřený minimální noční průtok	MNP =	0,10	$l \cdot s^{-1}$	
Skryté ztráty na veřejném vodovodu	$q_{JSU,VOD} =$	10,00	$l \cdot km^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Skryté ztráty na vodovodních přípojkách	$q_{JSU,PŘIP} =$	1,00	$l \cdot příp^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Skryté ztráty na vnitřních vodovodech	$q_{JSU,BJ} =$	0,10	$l \cdot bj^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Aktivní procento obyvatel během noci	% AO =	3,0	%	
Specifický průtok pro obyvatelstvo	$q_{SPEC,NS} =$	5,00	$l \cdot os^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Výpočet běžné noční spotřeby				
Běžná noční spotřeba domácností,	$Q_{NS,D} =$	0,079	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Běžná noční spotřeba ostatních odběratelů,	$Q_{NS,OO} =$	0,000	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Běžná noční spotřeba velkoodběratelů	$Q_{NS,VO} =$	0,000	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Běžná noční spotřeba celkem	$Q_{NS} =$	0,079	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Výpočet skrytých ztrát				
Skryté úniky na vodovodních řadech	$Q_{SU,VOD} =$	0,089	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Skryté úniky na přípojkách	$Q_{SU,PŘIP} =$	0,230	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Skryté úniky na vnitřním vodovodu	$Q_{SU,VV} =$	0,026	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Celkové skryté úniky při tlaku 50 m v. sl.	$SU_0 =$	0,345	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Opravný součinitel tlaku dle konceptu FAVAD	$N_1 =$	1,5	-	
Celkové skryté úniky při tlaku 43,19 m v. sl.	$SU_1 =$	0,277	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Sumarizace				
Naměřený minimální noční průtok	MNP =	0,360	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,100 $l \cdot s^{-1}$
Očekávaná běžná noční spotřeba	$Q_{NS} =$	0,079	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,022 $l \cdot s^{-1}$
Očekávané skryté úniky	$Q_{SU} =$	0,277	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,077 $l \cdot s^{-1}$
Celková očekávaná noční potřeba	NS =	0,356	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,099 $l \cdot s^{-1}$
Potenciální poruchový únik	$Q_{POR} =$	0,004	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,001 $l \cdot s^{-1}$

Tabulka 27 – Dekompozice MNP pro MO 3 – ATS Štěpánov VDJ HTP

MO 3 - ATS Štěpánov VDJ HTP				
Vstupní hodnoty				
Délka vodovodního řadu	L =	2,29	km	
Počet vodovodních přípojek	p. příp. =	102	ks	
Počet bytových jednotek	p. b.j. =	102	b.j.	
Počet zásobovaných obyvatel	PO =	204	os.	
Průměrný provozní tlak	p =	44,57	m v. sl.	
Naměřený minimální noční průtok	MNP =	0,10	l·s ⁻¹	
Skryté ztráty na veřejném vodovodu	q _{JSU,VOD} =	10,00	l·km ⁻¹ ·hod ⁻¹	
Skryté ztráty na vodovodních přípojkách	q _{JSU,PŘÍP} =	1,00	l·příp ⁻¹ ·hod ⁻¹	
Skryté ztráty na vnitřních vodovodech	q _{JSU,BJ} =	0,10	l·bj ⁻¹ ·hod ⁻¹	
Aktivní procento obyvatel během noci	% AO =	3,0	%	
Specifický průtok pro obyvatelstvo	q _{SPEC,NS} =	5,00	l·os ⁻¹ ·hod ⁻¹	
Výpočet běžné noční spotřeby				
Běžná noční spotřeba domácností,	Q _{NS,D} =	0,031	m ³ ·hod ⁻¹	
Běžná noční spotřeba ostatních odběratelů,	Q _{NS,OO} =	0,000	m ³ ·hod ⁻¹	
Běžná noční spotřeba velkoodběratelů	Q _{NS,VO} =	0,000	m ³ ·hod ⁻¹	
Běžná noční spotřeba celkem	Q _{NS} =	0,031	m ³ ·hod ⁻¹	
Výpočet skrytých ztrát				
Skryté úniky na vodovodních řadech	Q _{SU,VOD} =	0,023	m ³ ·hod ⁻¹	
Skryté úniky na přípojkách	Q _{SU,PŘÍP} =	0,102	m ³ ·hod ⁻¹	
Skryté úniky na vnitřním vodovodu	Q _{SU,VV} =	0,010	m ³ ·hod ⁻¹	
Celkové skryté úniky při tlaku 50 m v. sl.	SU ₀ =	0,135	m ³ ·hod ⁻¹	
Opravný součinitel tlaku dle konceptu FAVAD	N ₁ =	1,5	-	
Celkové skryté úniky při tlaku 44,57 m v. sl.	SU ₁ =	0,114	m ³ ·hod ⁻¹	
Sumarizace				
Naměřený minimální noční průtok	MNP =	0,360	m ³ ·hod ⁻¹ =	0,100 l·s ⁻¹
Očekávaná běžná noční spotřeba	Q _{NS} =	0,031	m ³ ·hod ⁻¹ =	0,009 l·s ⁻¹
Očekávané skryté úniky	Q _{SU} =	0,114	m ³ ·hod ⁻¹ =	0,032 l·s ⁻¹
Celková očekávaná noční potřeba	NS =	0,144	m ³ ·hod ⁻¹ =	0,040 l·s ⁻¹
Potenciální poruchový únik	Q _{POR} =	0,216	m ³ ·hod ⁻¹ =	0,060 l·s ⁻¹

Tabulka 28 – Dekompozice MNP pro MO 5 – Štěpánov DTP – VŠ Sokolská

MO 5 - Štěpánov DTP - VŠ Sokolská				
Vstupní hodnoty				
Délka vodovodního řadu	L =	5,52	km	
Počet vodovodních přípojek	p. příp. =	146	ks	
Počet bytových jednotek	p. b.j. =	1 090	b.j.	
Počet zásobovaných obyvatel	PO =	2 180	os.	
Průměrný provozní tlak	p =	65,00	m v. sl.	
Naměřený minimální noční průtok	MNP =	0,50	$l \cdot s^{-1}$	
Skryté ztráty na veřejném vodovodu	$q_{SU,VOD} =$	15,00	$l \cdot km^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Skryté ztráty na vodovodních přípojkách	$q_{SU,PŘÍP} =$	1,50	$l \cdot příp^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Skryté ztráty na vnitřních vodovodech	$q_{SU,BJ} =$	0,10	$l \cdot bj^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Aktivní procento obyvatel během noci	% AO =	5,0	%	
Specifický průtok pro obyvatelstvo	$q_{SPEC,NS} =$	5,00	$l \cdot os^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Výpočet běžné noční spotřeby				
Běžná noční spotřeba domácností,	$Q_{NS,D} =$	0,545	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Běžná noční spotřeba ostatních odběratelů,	$Q_{NS,OO} =$	0,016	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Běžná noční spotřeba velkoodběratelů	$Q_{NS,VO} =$	0,000	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Běžná noční spotřeba celkem	$Q_{NS} =$	0,561	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Výpočet skrytých ztrát				
Skryté úniky na vodovodních řadech	$Q_{SU,VOD} =$	0,083	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Skryté úniky na přípojkách	$Q_{SU,PŘÍP} =$	0,219	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Skryté úniky na vnitřním vodovodu	$Q_{SU,VV} =$	0,109	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Celkové skryté úniky při tlaku 50 m v. sl.	$SU_0 =$	0,411	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Opravný součinitel tlaku dle konceptu FAVAD	$N_1 =$	1,5	-	
Celkové skryté úniky při tlaku 65,00 m v. sl.	$SU_1 =$	0,609	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Sumarizace				
Naměřený minimální noční průtok	MNP =	1,800	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,500 $l \cdot s^{-1}$
Očekávaná běžná noční spotřeba	$Q_{NS} =$	0,561	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,156 $l \cdot s^{-1}$
Očekávané skryté úniky	$Q_{SU} =$	0,609	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,169 $l \cdot s^{-1}$
Celková očekávaná noční potřeba	NS =	1,170	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,325 $l \cdot s^{-1}$
Potenciální poruchový únik	$Q_{POR} =$	0,630	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,175 $l \cdot s^{-1}$

Tabulka 29 – Dekompozice MNP pro MO 6 – Štěpánov DTP – Tržnice & Tolstého

MO 6 - Štěpánov DTP - Tržnice & Tolstého					
Vstupní hodnoty					
Délka vodovodního řadu	L =	12,94	km		
Počet vodovodních přípojek	p. příp. =	427	ks		
Počet bytových jednotek	p. b.j. =	1 450	b.j.		
Počet zásobovaných obyvatel	PO =	4 350	os.		
Průměrný provozní tlak	p =	50,00	m v. sl.		
Naměřený minimální noční průtok	MNP =	0,08	l·s ⁻¹		
Skryté ztráty na veřejném vodovodu	q _{JSU,VOD} =	10,00	l·km ⁻¹ ·hod ⁻¹		
Skryté ztráty na vodovodních přípojkách	q _{JSU,PŘÍP} =	1,00	l·příp ⁻¹ ·hod ⁻¹		
Skryté ztráty na vnitřních vodovodech	q _{JSU,BJ} =	0,10	l·bj ⁻¹ ·hod ⁻¹		
Aktivní procento obyvatel během noci	% AO =	5,0	%		
Specifický průtok pro obyvatelstvo	q _{SPEC,NS} =	5,00	l·os ⁻¹ ·hod ⁻¹		
Výpočet běžné noční spotřeby					
Běžná noční spotřeba domácností,	Q _{NS,D} =	1,088	m ³ ·hod ⁻¹		
Běžná noční spotřeba ostatních odběratelů,	Q _{NS,OO} =	0,065	m ³ ·hod ⁻¹		
Běžná noční spotřeba velkoodběratelů	Q _{NS,VO} =	0,000	m ³ ·hod ⁻¹		
Běžná noční spotřeba celkem	Q _{NS} =	1,152	m ³ ·hod ⁻¹		
Výpočet skrytých ztrát					
Skryté úniky na vodovodních řadech	Q _{SU,VOD} =	0,129	m ³ ·hod ⁻¹		
Skryté úniky na přípojkách	Q _{SU,PŘÍP} =	0,427	m ³ ·hod ⁻¹		
Skryté úniky na vnitřním vodovodu	Q _{SU,VV} =	0,145	m ³ ·hod ⁻¹		
Celkové skryté úniky při tlaku 50 m v. sl.	SU ₀ =	0,701	m ³ ·hod ⁻¹		
Opravný součinitel tlaku dle konceptu FAVAD	N ₁ =	1,5	-		
Celkové skryté úniky při tlaku 50,00 m v. sl.	SU ₁ =	0,701	m ³ ·hod ⁻¹		
Sumarizace					
Naměřený minimální noční průtok	MNP =	0,288	m ³ ·hod ⁻¹ =	0,080	l·s ⁻¹
Očekávaná běžná noční spotřeba	Q _{NS} =	1,152	m ³ ·hod ⁻¹ =	0,320	l·s ⁻¹
Očekávané skryté úniky	Q _{SU} =	0,701	m ³ ·hod ⁻¹ =	0,195	l·s ⁻¹
Celková očekávaná noční potřeba	NS =	1,854	m ³ ·hod ⁻¹ =	0,515	l·s ⁻¹
Potenciální poruchový únik	Q _{POR} =	-1,566	m ³ ·hod ⁻¹ =	-0,435	l·s ⁻¹

Tabulka 30 – Dekompozice MNP pro MO 11 – Juřinka

MO 11 - Juřinka				
Vstupní hodnoty				
Délka vodovodního řádu	L =	5,85	km	
Počet vodovodních přípojek	p. příp. =	132	ks	
Počet bytových jednotek	p. b.j. =	132	b.j.	
Počet zásobovaných obyvatel	PO =	264	os.	
Průměrný provozní tlak	p =	32,41	m v. sl.	
Naměřený minimální noční průtok	MNP =	0,10	$l \cdot s^{-1}$	
Skryté ztráty na veřejném vodovodu	$q_{JSU,VOD} =$	10,00	$l \cdot km^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Skryté ztráty na vodovodních přípojkách	$q_{JSU,PŘIP} =$	1,00	$l \cdot příp^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Skryté ztráty na vnitřních vodovodech	$q_{JSU,BJ} =$	0,10	$l \cdot bj^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Aktivní procento obyvatel během noci	% AO =	3,0	%	
Specifický průtok pro obyvatelstvo	$q_{SPEC,NS} =$	5,00	$l \cdot os^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Výpočet běžné noční spotřeby				
Běžná noční spotřeba domácností,	$Q_{NS,D} =$	0,040	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Běžná noční spotřeba ostatních odběratelů,	$Q_{NS,OO} =$	0,000	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Běžná noční spotřeba velkoodběratelů	$Q_{NS,VO} =$	0,000	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Běžná noční spotřeba celkem	$Q_{NS} =$	0,040	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Výpočet skrytých ztrát				
Skryté úniky na vodovodních řadech	$Q_{SU,VOD} =$	0,058	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Skryté úniky na přípojkách	$Q_{SU,PŘIP} =$	0,132	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Skryté úniky na vnitřním vodovodu	$Q_{SU,VV} =$	0,013	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Celkové skryté úniky při tlaku 50 m v. sl.	$SU_0 =$	0,204	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Opravný součinitel tlaku dle konceptu FAVAD	$N_1 =$	1,5	-	
Celkové skryté úniky při tlaku 32,41 m v. sl.	$SU_1 =$	0,106	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Sumarizace				
Naměřený minimální noční průtok	MNP =	0,360	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,100 $l \cdot s^{-1}$
Očekávaná běžná noční spotřeba	$Q_{NS} =$	0,040	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,011 $l \cdot s^{-1}$
Očekávané skryté úniky	$Q_{SU} =$	0,106	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,030 $l \cdot s^{-1}$
Celková očekávaná noční potřeba	NS =	0,146	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,041 $l \cdot s^{-1}$
Potenciální poruchový únik	$Q_{POR} =$	0,214	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,059 $l \cdot s^{-1}$

Tabulka 31 – Dekompozice MNP pro MO 12 – Poličná

MO 12 - Poličná					
Vstupní hodnoty					
Délka vodovodního řádu	L =	11,93	km		
Počet vodovodních přípojek	p. příp. =	367	ks		
Počet bytových jednotek	p. b.j. =	443	b.j.		
Počet zásobovaných obyvatel	PO =	886	os.		
Průměrný provozní tlak	p =	43,67	m v. sl.		
Naměřený minimální noční průtok	MNP =	0,20	l·s ⁻¹		
Skryté ztráty na veřejném vodovodu	q _{JSU,VOD} =	10,00	l·km ⁻¹ ·hod ⁻¹		
Skryté ztráty na vodovodních přípojkách	q _{JSU,PŘÍP} =	1,00	l·příp ⁻¹ ·hod ⁻¹		
Skryté ztráty na vnitřních vodovodech	q _{JSU,BJ} =	0,10	l·bj ⁻¹ ·hod ⁻¹		
Aktivní procento obyvatel během noci	% AO =	3,0	%		
Specifický průtok pro obyvatelstvo	q _{SPEC,NS} =	5,00	l·os ⁻¹ ·hod ⁻¹		
Výpočet běžné noční spotřeby					
Běžná noční spotřeba domácností,	Q _{NS,D} =	0,133	m ³ ·hod ⁻¹		
Běžná noční spotřeba ostatních odběratelů,	Q _{NS,OO} =	0,000	m ³ ·hod ⁻¹		
Běžná noční spotřeba velkoodběratelů	Q _{NS,VO} =	0,000	m ³ ·hod ⁻¹		
Běžná noční spotřeba celkem	Q _{NS} =	0,133	m ³ ·hod ⁻¹		
Výpočet skrytých ztrát					
Skryté úniky na vodovodních řadech	Q _{SU,VOD} =	0,119	m ³ ·hod ⁻¹		
Skryté úniky na přípojkách	Q _{SU,PŘÍP} =	0,367	m ³ ·hod ⁻¹		
Skryté úniky na vnitřním vodovodu	Q _{SU,VV} =	0,044	m ³ ·hod ⁻¹		
Celkové skryté úniky při tlaku 50 m v. sl.	SU ₀ =	0,531	m ³ ·hod ⁻¹		
Opravný součinitel tlaku dle konceptu FAVAD	N ₁ =	1,5	-		
Celkové skryté úniky při tlaku 43,67 m v. sl.	SU ₁ =	0,433	m ³ ·hod ⁻¹		
Sumarizace					
Naměřený minimální noční průtok	MNP =	0,720	m ³ ·hod ⁻¹ =	0,200	l·s ⁻¹
Očekávaná běžná noční spotřeba	Q _{NS} =	0,133	m ³ ·hod ⁻¹ =	0,037	l·s ⁻¹
Očekávané skryté úniky	Q _{SU} =	0,433	m ³ ·hod ⁻¹ =	0,120	l·s ⁻¹
Celková očekávaná noční potřeba	NS =	0,566	m ³ ·hod ⁻¹ =	0,157	l·s ⁻¹
Potenciální poruchový únik	Q _{POR} =	0,154	m ³ ·hod ⁻¹ =	0,043	l·s ⁻¹

Tabulka 32 – Dekompozice MNP pro MO 13 – Krhová starý – Hrádky

MO 13 - Krhová starý - Hrádky				
Vstupní hodnoty				
Délka vodovodního řadu	L =	2,03	km	
Počet vodovodních přípojek	p. příp. =	44	ks	
Počet bytových jednotek	p. b.j. =	44	b.j.	
Počet zásobovaných obyvatel	PO =	88	os.	
Průměrný provozní tlak	p =	30,00	m v. sl.	
Naměřený minimální noční průtok	MNP =	0,10	$l \cdot s^{-1}$	
Skryté ztráty na veřejném vodovodu	$q_{SU,VOD} =$	10,00	$l \cdot km^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Skryté ztráty na vodovodních přípojkách	$q_{SU,PŘÍP} =$	1,00	$l \cdot příp^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Skryté ztráty na vnitřních vodovodech	$q_{SU,BJ} =$	0,05	$l \cdot bj^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Aktivní procento obyvatel během noci	% AO =	3,0	%	
Specifický průtok pro obyvatelstvo	$q_{SPEC,NS} =$	5,00	$l \cdot os^{-1} \cdot hod^{-1}$	
Výpočet běžné noční spotřeby				
Běžná noční spotřeba domácností,	$Q_{NS,D} =$	0,013	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Běžná noční spotřeba ostatních odběratelů,	$Q_{NS,OO} =$	0,000	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Běžná noční spotřeba velkoodběratelů	$Q_{NS,VO} =$	0,000	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Běžná noční spotřeba celkem	$Q_{NS} =$	0,013	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Výpočet skrytých ztrát				
Skryté úniky na vodovodních řadech	$Q_{SU,VOD} =$	0,020	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Skryté úniky na přípojkách	$Q_{SU,PŘÍP} =$	0,044	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Skryté úniky na vnitřním vodovodu	$Q_{SU,VV} =$	0,002	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Celkové skryté úniky při tlaku 50 m v. sl.	$SU_0 =$	0,067	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Opravný součinitel tlaku dle konceptu FAVAD	$N_1 =$	1,5	-	
Celkové skryté úniky při tlaku 30,00 m v. sl.	$SU_1 =$	0,031	$m^3 \cdot hod^{-1}$	
Sumarizace				
Naměřený minimální noční průtok	MNP =	0,360	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,100 $l \cdot s^{-1}$
Očekávaná běžná noční spotřeba	$Q_{NS} =$	0,013	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,004 $l \cdot s^{-1}$
Očekávané skryté úniky	$Q_{SU} =$	0,031	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,009 $l \cdot s^{-1}$
Celková očekávaná noční potřeba	NS =	0,044	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,012 $l \cdot s^{-1}$
Potenciální poruchový únik	$Q_{POR} =$	0,316	$m^3 \cdot hod^{-1} =$	0,088 $l \cdot s^{-1}$

4.7.1 Výsledky dekompozice MNP ve spotřebišti Valašského Meziříčí

Výslednou hodnotou při zpracování dekompozice MNP je *potenciální poruchový únik* Q_{POR} . Jedná se o množství skutečných ztrát, které jsou důsledkem havárií distribuční sítě. Množství těchto ztrát se stanoví jako rozdíl naměřeného MNP a součtu běžné noční spotřeby a celkových skrytých úniků podle rovnice 4.8.

Z tabulky 33 je patrná hodnota potencionálního poruchového úniku Q_{POR} , který nabývá velice nízkých hodnot. V takovéto situaci se příliš nevyplatí investovat do redukce vzniklých úniků, a to z důvodu ekonomické návratnosti. Můžeme tedy konstatovat, že distribuční systém města Valašské Meziříčí je ve velmi dobrém technickém stavu.

Chyba výsledku z dekompozice MNP nastala v MO 6, kde potencionální poruchový únik dosahuje záporných hodnot, což není možné. Naměřená hodnota průtoku na odtoku z VDJ Valašské Meziříčí Štěpánov DTP se neshodují se skutečným průtokem v síti měřícího okrsku. Příčinou je pravděpodobně to, že průtok v síti je nadlepšený o zkratový proud. Výsledky mohli být z části ovlivněny i tím, že některá vstupní data byla stanovena přibližným odhadem.

V předposledním sloupci tabulky 33 jsou hodnoty potencionálního poruchového úniku převedeny $\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ a to pomocí faktoru NDF. V posledním sloupci je tento objem vynásoben cenou za $1,0 \text{ m}^3$ odebrané vody, do které byly zahrnuty tyto položky (ceny jsou platné pro rok 2017): [39]

- nákup surové vody podzemní i povrchové – $4,438 \text{ Kč/m}^3$ vč. DPH,
- použité chemikálie – $0,269 \text{ Kč/m}^3$ vč. DPH,
- potřebná elektrická energie – $0,983 \text{ Kč/m}^3$ vč. DPH

Tabulka 33 – Roční objem ztrát ve vybraných MO

MO	Q_{POR} [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	Q_{POR} [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]	NDF [$\text{hod} \cdot \text{den}^{-1}$]	Q_{POR} [$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$]	Q_{POR} [$\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$]	Ztráty vč. DPH [$\text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1}$]
MO 2	0,001	0,004	22,94	0,09	34,44	196 Kč
MO 3	0,060	0,216	22,97	4,96	1808,64	10 292 Kč
MO 5	0,175	0,630	23,28	14,67	5356,26	30 479 Kč
MO 6	-0,435	-1,566	23,08	-	-	-
MO 11	0,059	0,214	22,61	4,84	1766,54	10 052 Kč
MO 12	0,043	0,154	22,95	3,53	1289,84	7 340 Kč
MO 13	0,088	0,316	22,50	7,11	2594,18	14 762 Kč
				35,21	12 849,90	73 119 Kč

4.8 HODNOTY UKAZATELŮ ZTRÁT SPOTŘEBIŠTĚ VALAŠSKÉHO MEZIRÍČÍ

V této podkapitole jsou interpretovány vstupní bilanční údaje za rok 2017 viz tabulka 34. Tyto údaje jsou potřebné pro výpočet jednotlivých ukazatelů ztrát.

Tabulka 34 – Vstupní bilanční údaje za rok 2017

Vstupní bilanční údaje za rok 2017		
Voda vyrobená k realizaci	VVR =	1 873 659 $\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$
Voda fakturovaná celkem	VFC =	1 766 041 $\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$
Voda nefakturovaná	VNF =	107 618 $\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$
Vlastní spotřeba	VS =	60 000 $\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$
Ztráty vody	ZV =	47 618 $\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$

V následující tabulce 35 jsou uvedeny ukazatel ztrát vody pro celé spotřebiště města Valašského Meziříčí, které je rozděleno na 17 měřicích okrsků. Hodnota ukazatele % vody nefakturované pro celou Českou republiku za rok 2017 je 19,2 % (dle zdroje [40]). Při srovnání dojdeme k závěru, že hodnota % vody nefakturované pro spotřebiště Valašského Meziříčí (Vak Vsetín, a. s.) je více než 3x menší.

Tabulka 35 – Ukazatele ztrát vody pro celé spotřebiště Valašského Meziříčí

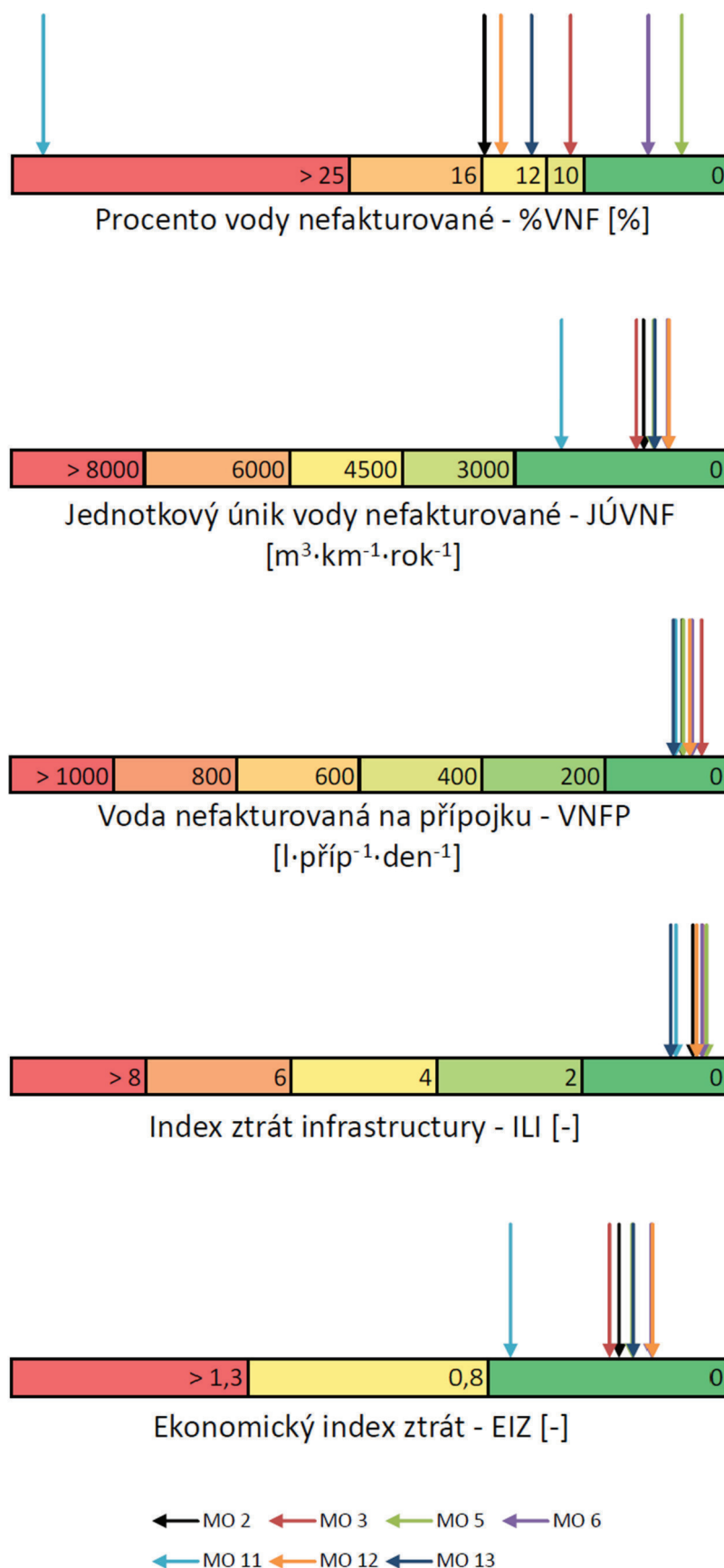
Hodnoty ukazatelů ztrát pro celé spotřebiště za rok 2017			
% vody nefakturované	% VNF =	5,7	%
Jednotkový únik vody nefakturované	JÚVNF =	357	m ³ ·km ⁻¹ ·rok ⁻¹
Voda nefakturovaná na přípojku	VNFP =	61,50	l·příp ⁻¹ ·den ⁻¹
Index ztrát infrastruktury	ILI =	0,40	-
Teoreticky nevyhnutelné ztráty	TNZ =	118 462	m ³ ·rok ⁻¹
Ekonomický index ztrát	EIZ =	0,12	-
Ekonomický index	EI =	1,00	-
Index ztrát	IZ =	0,12	-

V tabulce 36 jsou uvedeny vstupní bilanční údaje, hodnoty ukazatelů ztrát a hodnota potenciačního poruchového úniku pro vybrané měřicí okrsky. Vstupní bilanční údaje pro jednotlivé okrsky, ani pro taková pásma nebývají vedeny. Z toho důvodu je bylo nutné stanovit. Voda vyrobená k realizaci byla stanovena na základě průměrné denní spotřeby vody Q_p , voda nefakturovaná a ztráty vody byly stanoveny podle délky sítě v jednotlivých okrscích. Barevné podtržení odpovídá barevné škále z obrázku 35.

Tabulka 36 – Přehled ukazatelů ztrát ve vybraných měřicích okresech

Vstupní bilanční údaje							
MO	MO 2	MO 3	MO 5	MO 6	MO 11	MO 12	MO 13
Délka [km]	8,92	2,29	5,52	12,94	5,85	11,93	2,03
Počet obyvatel (odhad)	524	204	2 180	4 350	264	886	88
Počet přípojek	230	102	146	427	132	367	44
Charakter zástavby	VMO	VMO	SMZ	IZ	VMO	VMO	VMO
VVR [m ³ ·rok ⁻¹]	39 105	15 453	124 883	171 556	9 145	56 134	11 038
VNF [m ³ ·rok ⁻¹]	6 257	1 604	3 872	9 076	4 102	8 370	1 426
ZV [m ³ ·rok ⁻¹]	2 768	710	1 713	4 016	1 815	3 704	631
Hodnoty ukazatelů ztrát							
MO	MO 2	MO 3	MO 5	MO 6	MO 11	MO 12	MO 13
% VNF [%]	<u>16,0</u>	<u>10,4</u>	<u>3,1</u>	<u>5,3</u>	<u>44,9</u>	<u>14,9</u>	<u>12,9</u>
JÚVNF [m ³ ·km ⁻¹ ·rok ⁻¹]	<u>1138</u>	<u>1239</u>	<u>1001</u>	<u>809</u>	<u>2264</u>	<u>794</u>	<u>987</u>
VNFP [l·příp ⁻¹ ·den ⁻¹]	<u>74,5</u>	<u>43,1</u>	<u>72,7</u>	<u>58,2</u>	<u>85,1</u>	<u>62,5</u>	<u>88,8</u>
ILI [-]	<u>0,5</u>	<u>0,4</u>	<u>0,3</u>	<u>0,4</u>	<u>0,7</u>	<u>0,4</u>	<u>0,8</u>
EIZ [-]	<u>0,37</u>	<u>0,40</u>	<u>0,32</u>	<u>0,26</u>	<u>0,73</u>	<u>0,26</u>	<u>0,32</u>
Q _{POR} [l·s ⁻¹]	0,001	0,060	0,175	-0,435	0,059	0,043	0,088

Pro interpretaci vypočtených ukazatelů ztrát může být příznivější výstup ve formě grafů, případně obrázků. Na obrázku 35 jsou uvedeny přibližné výkonnostní stupnice pro vykazování ztrát pro jednotlivé ukazatele, v nichž jsou obsaženy hodnoty ztrát pro řešené měřicí okrsy, které jsou odlišeny barevnými šipkami. Hodnoty jednotlivých stupnic byly určeny na základě studované literatury.



Obrázek 35 – Přehled ukazatelů ztrát ve vybraných měřicích okrsích

Z tabulky 36 či z obrázku 35 je patrné, že ztráty nabývají nízkých hodnot. Výjimkou je hodnota % vody nefakturované pro měřicí okresek č. 11 – Juřinka, pro který je tato hodnota téměř 45 %, což už velmi výrazná ztráta, hodnoty ostatních ukazatelů však nabývají podobných a příznivých hodnot jako u ostatních měřících okrsků. Příčinou může být nevhodné rozdělení vody nefakturované, jakožto vstupní hodnoty k výpočtu ztrát vody. Tímto můžeme konstatovat, že není vhodné používat pouze jeden výkonnostní ukazatel pro určování ztrát, každý z nich má totiž odlišnou vypovídající hodnotu.

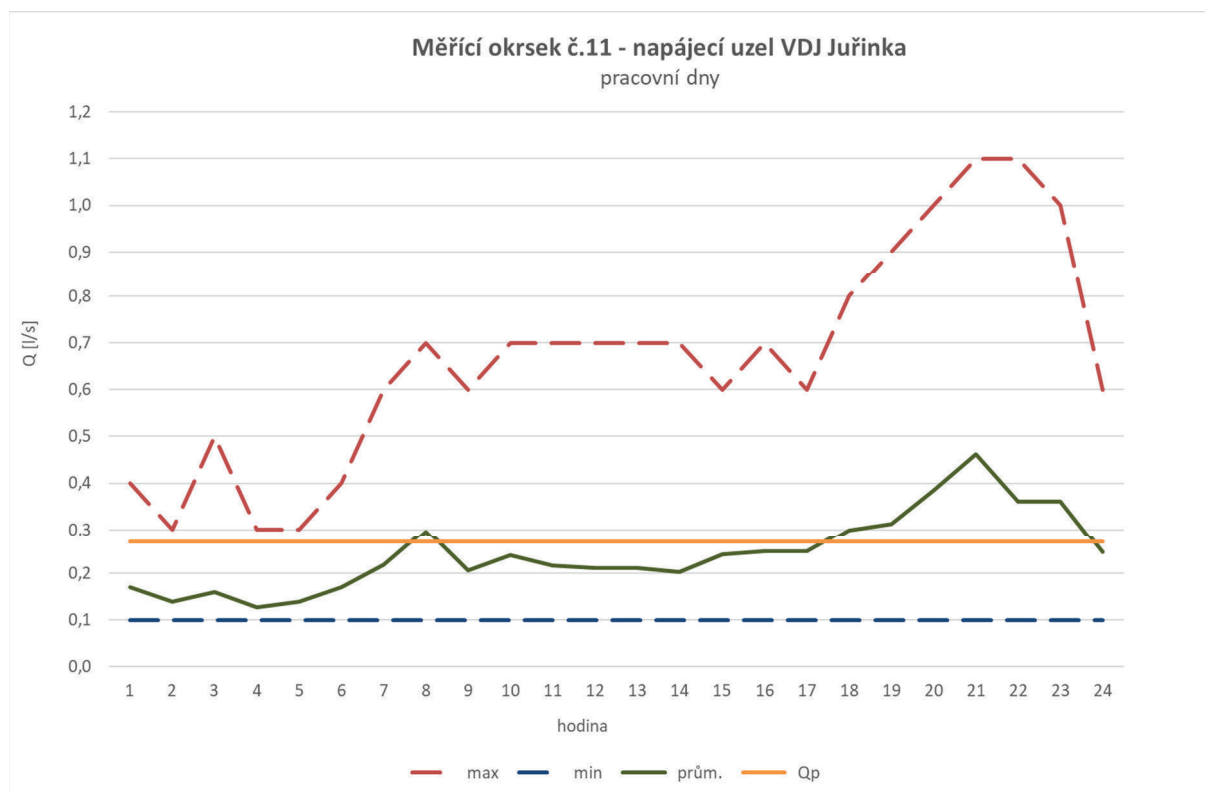
5 DISKUZE

Součástí analýzy spotřeby vody bylo stanovení koeficientu hodinové nerovnoměrnosti k_h spotřeby vody. Jak je psáno v kapitole 2.1.3, tento koeficient by měl nabývat hodnot mezi 1,5–2,5, kde vyšší hodnota je doporučena pro spotřebiště tzv. sídlištního charakteru. Hodnota se také mění podle toho, zda se jedná o pracovní dny nebo nepracovní dny.

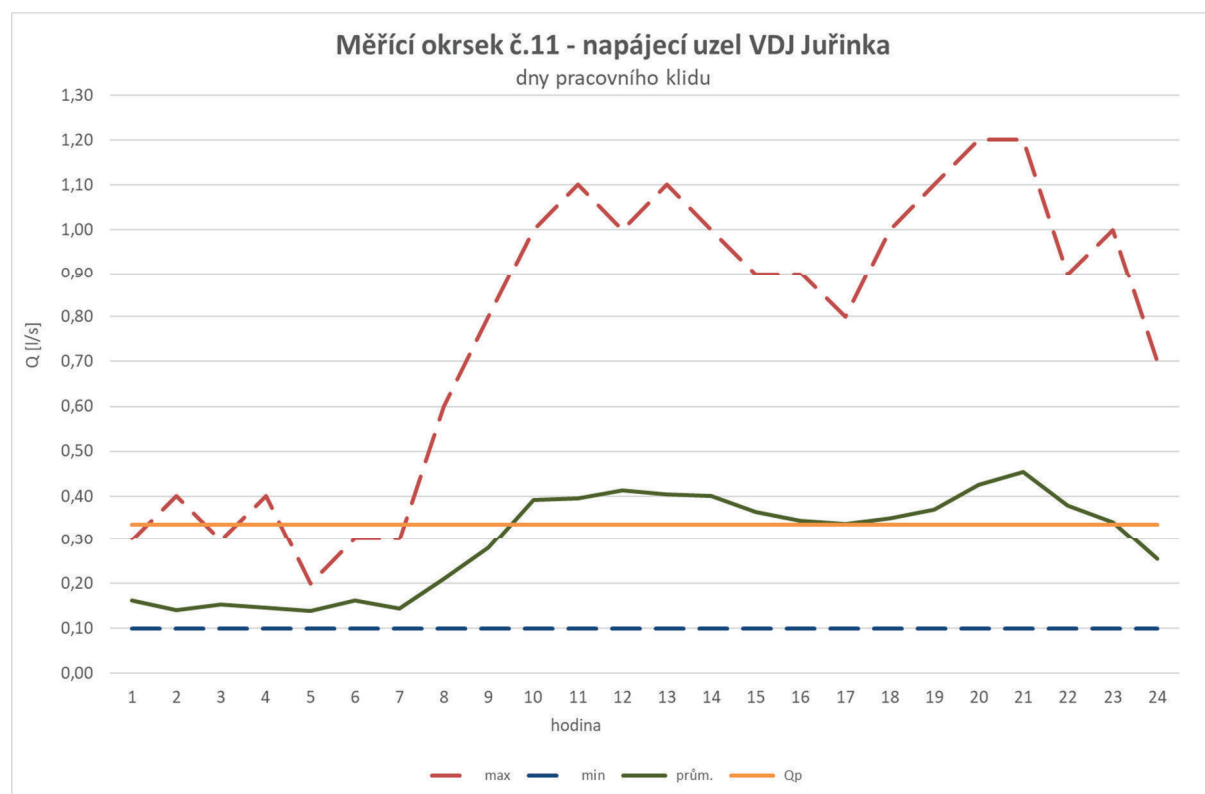
Pro dva ze sedmi řešených měřících okrsků je hodnota koeficientu hodinové nerovnoměrnosti vyšší než jeho obecně platná horní hranice. Jedná se o MO 11 – Juřinka – TP 117 a MO 13 – Krhová starý – Hrádky – TP 90, které dle charakteru měřícího okrsku spadají do kategorie skupinových vodovodů malých obcí, což bylo stanoveno podle rovnice 3.1. V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky z analýzy spotřeby vody a v následujících grafech jsou pak znázorněny průběhy spotřeby vody pro každý z okrsků.

Tabulka 37 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 11 – TP 117

Měřící okrsek č. 11 - napájecí uzel VDJ Juřinka		pracovní dny	dny pracovního klidu	všechny dny
Q_p	$[l \cdot s^{-1}]$	0,27	0,34	0,29
Q_m	$[l \cdot s^{-1}]$	0,32	0,38	0,38
	$[m^3 \cdot d^{-1}]$	27,7	32,4	32,4
Q_h	$[l \cdot s^{-1}]$	1,10	1,20	1,20
Q_{min}	$[l \cdot s^{-1}]$	0,10	0,10	0,10
$\% Q_p$	$[\%]$	1,55	1,24	1,43
k_h	$[-]$	3,43	3,20	3,20
k_d	$[-]$	1,19	1,12	1,29



Obrázek 36 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 11 – TP 117

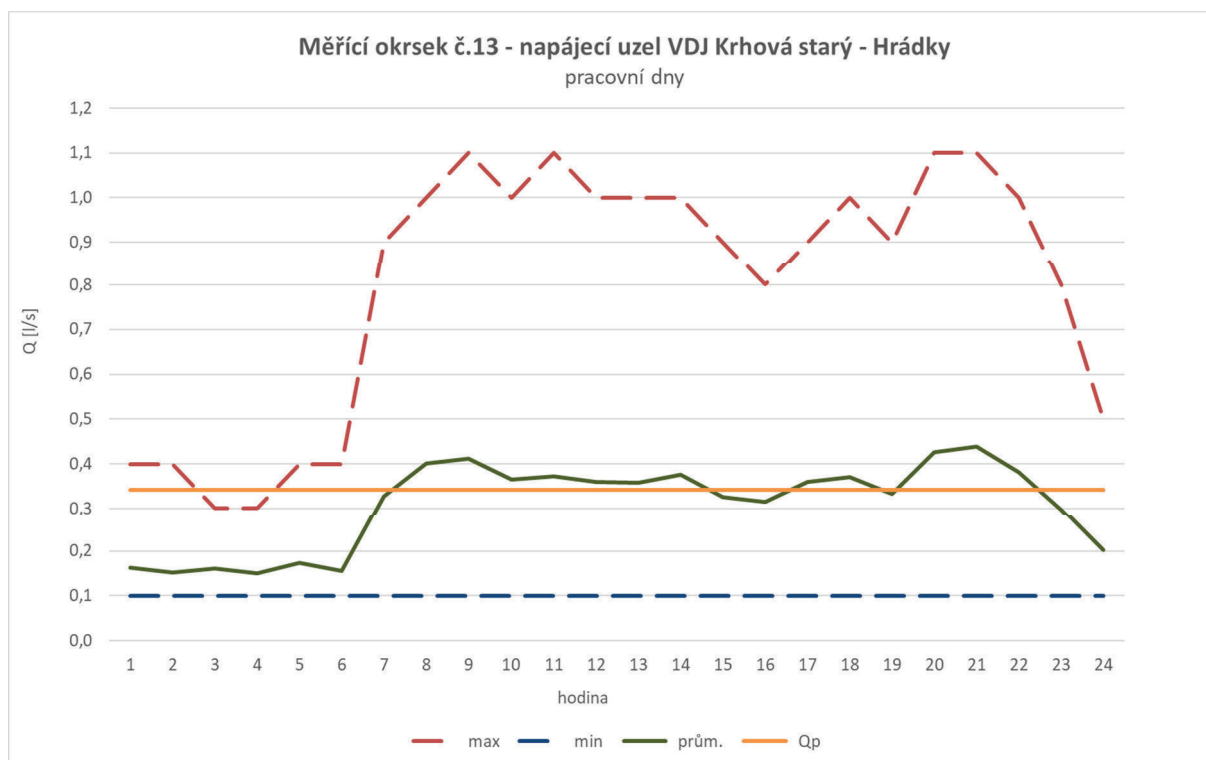


Obrázek 37 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 11 – TP 117

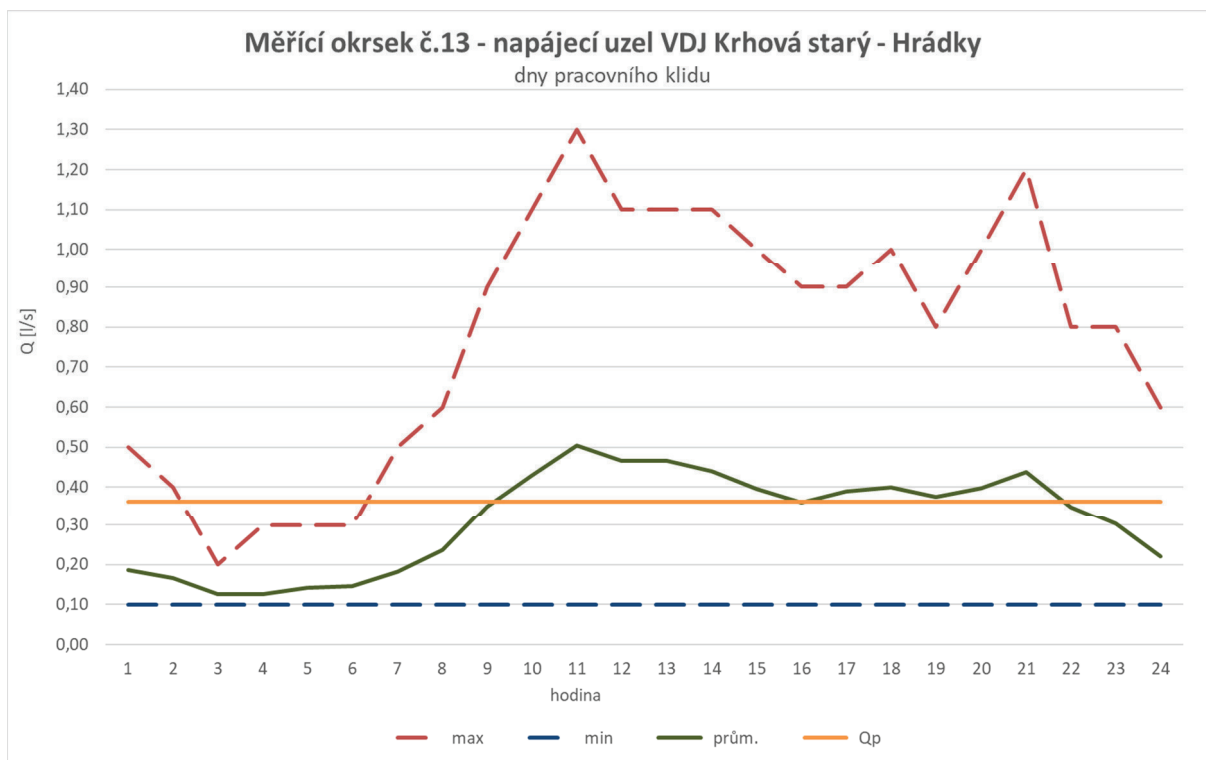
Hodnoty koeficientu hodinové nerovnoměrnosti v měřícím okrsku č. 11 jsou $k_h = 3,43$ pro pracovní dny a $k_h = 3,20$ pro nepracovní dny. Při srovnání průběhů spotřeby vody z grafů pro pracovní a nepracovní dny je patrné, že ranní špička pro pracovní dny nastává asi v 8 hodin, což je o asi o 2 hodiny dříve než pro dny nepracovní. Dále si můžeme všimnout, že po ranní špičce v nepracovních dnech spotřeba vody neklesá hned, ale zůstává na cca stejné hodnotě až do cca 14 hodiny. Tento jev je způsobený tím, že spousta obyvatel v tyto dny zůstává doma, dlouho spí a následně vaří obědy, po kterých je nutné umýt použité nádobí. Večerní špička pak nastává ve stejném čase, kolem 21 hodiny.

Tabulka 38 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 13 – TP 90

Měřící okresek č. 13 - napájecí uzel VDJ Krhová starý – Hrádky		pracovní dny	dny pracovního klidu	všechny dny
Q_p	$[l \cdot s^{-1}]$	0,34	0,36	0,35
Q_m	$[l \cdot s^{-1}]$	0,52	0,41	0,52
	$[m^3 \cdot d^{-1}]$	44,6	35,3	44,6
Q_h	$[l \cdot s^{-1}]$	1,10	1,30	1,30
Q_{min}	$[l \cdot s^{-1}]$	0,10	0,10	0,10
$\% Q_p$	$[\%]$	1,22	1,15	1,20
k_h	$[-]$	2,13	3,18	2,52
k_d	$[-]$	1,51	1,12	1,48



Obrázek 38 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 13 – TP 90



Obrázek 39 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 13 – TP 90

Hodnoty koeficientu hodinové nerovnoměrnosti v měřicím okrsku č. 13 jsou $k_h = 2,13$ pro pracovní dny a $k_h = 3,18$ pro nepracovní dny. Při srovnání průběhů spotřeby vody z grafů pro pracovní a nepracovní dny je patrné, že ranní špička pro pracovní dny nastává kolem 9 hodiny, což je o asi o 2 hodiny dříve než pro dny nepracovní. Večerní špička pak nastává ve stejném čase, kolem 21 hodiny. Z grafu pro nepracovní dny je také patrné to, že ranní špička nabývá větších hodnot než ta večerní.

Dalším bodem diskuze je pak použití metodiky pro dekompozici MNP, při jejímž použití nastává problém při stanovení skrytých úniků a běžné noční spotřeby vody. Podle literatury má každá z dílčích složek těchto parametrů stanovený interval hodnot, ve kterém by se měla pohybovat. Dané intervaly byly stanoveny na základě celosvětového shromažďování dat, které probíhalo během 80. let a začátku 90. let. Data z České republiky nebyla do tohoto modelu zahrnuta. Hodnoty v jednotlivých intervalech jsou závislé na technickém stavu distribučního systému, tlakových poměrech, charakteru spotřebiště, způsobu jeho provozování a údržby aj. Z těchto důvodů je určování hodnot velmi individuální.

Při výpočtu běžné noční spotřeby domácností je nutné určit % aktivních obyvatel v čase MNP. pro jednotlivé měřicí okruhy. Metodika dále předpokládá, že obyvatelstvo v tomto čase odebírá vodu primárně k splachování toalet. Stanovení % aktivních obyvatel je závislé na charakteru zástavby a složení společnosti v daném spotřebišti či měřicím okrsku. Tyto souvislosti mohou mít vliv na výsledky dekompozice MNP, konkrétně však měřicího okrsku č. 6, jehož potencionální poruchový únik Q_{POR} vyšel záporně.

V posledním bodě bych zmínil to, že výsledné hodnoty ukazatelů ztrát vody jsou velmi ovlivněny vstupními daty (bilanční údaje), které musí být rozděleny do jednotlivých měřicích okrků. Vodu vyrobenou k realizaci (VVR) můžeme stanovit na základě průměrné denní spotřeby vody Q_p . Vodu nefakturovanou (VNF) a ztráty vody (ZV) mohou být stanoveny podle délky vodovodní sítě nebo podle počtu vodovodních přípojek v jednotlivých okrcích. Problém vzniká v daném rozdělení, které nemusí být shodné s realitou, což má za následek nepřesné výsledky. Problém však může být vyřešen osazením vodoměrů, které budou měřit vodu dodanou do jednotlivých měřicích okrků. Následným rozdílem VVR a vody fakturované celkem (VFC) pro daný okrkem, dostaneme jeho objem VNF.

6 ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na problematiku analýzy časové řady odtoků z vodojemu společně s problematikou minimálních nočních průtoků. Cílem teoretické části bylo provedení rešerše k tématu analýza spotřeby vody, k problematice minimálních nočních průtoků a k základním ukazatelům ztrát vody. V rámci praktické části byly poznatky z výše zmíněné rešerše aplikovány na vodovodní síť města Valašské Meziříčí.

V první kapitole teoretické části diplomové práce byla definována základní terminologie analýzy spotřeby vody a ztrát vody. Byly uvedeny základní ukazatele spotřeby vody, koeficienty nerovnoměrnosti, základní proměnné, časové průběhy spotřeby vody a tlakové poměry ve vodovodní síti. V druhé podkapitole byla definována problematika rozdělení ztrát vody podle IWA, následně byly popsány základní ukazatele ztrát vody, byly interpretovány ukazatele ztrát vody pro vybrané vodárenské společnosti. Dále byly popsány dva přístupy („Top-Down“ a „Bottom-Up“) k určení množství skutečných ztrát. V další kapitole byla řešena problematika měření a vyhodnocování minimálních nočních průtoků. Kapitola také obsahuje podmínky pro navrhování měřících okrsků.

Praktická část byla zaměřena na analýzu spotřeby vody, ze které byly následně vyhodnoceny minimální noční průtoky a dále byly stanoveny ukazatele ztrát vody z vodovodní sítě města Valašské Meziříčí, kterou provozují Vodovody a kanalizace Vsetín, a. s. V další kapitole tedy bylo charakterizováno zájmové území a daný vodárenský systém. Dále bylo popsáno 7 vybraných měřících okrsků, pro které byla zpracována analýza spotřeby vody, jejíž výsledky byly uvedeny v další z podkapitol. Následně byl interpretován přehled minimálních nočních průtoků, způsob jeho dekompozice jejíž výsledkem bylo stanovení potenciálního poruchového úniku pro vybrané měřící okrsky. V závěru kapitoly byly vyhodnoceny hodnoty jednotlivých ukazatelů ztrát.

Na základě výsledků z analýzy spotřeby vody, vyhodnocení minimálních nočních průtoků a stanovení ukazatelů ztrát vody můžeme říct, že vodovodní síť města Valašské Meziříčí je ve velmi dobrém technickém stavu a je velmi dobře provozována. V řešených měřících okřscích nedochází k výrazným únikům vody. Další snižování ztrát by tedy mohlo být neekonomické. K dalšímu snižování ztrát je žádoucí provádět důkladné analýzy efektivnosti.

Přílohou diplomové práce je přehledná situace vodovodní sítě Valašské Meziříčí, ve které jsou označeny hranice všech měřících okrsků.

Výsledná práce koresponduje s požadavky, které jsou uvedeny v zadání diplomové práce.

7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2017*. Ministerstvo zemědělství. Praha, 2018. ISBN 978-80-7434-463-3.
- [2] Farley, M., Trow, S.: *Losses in Water Distribution Networks*, IWA Publishing, 2003
- [3] Plýtvání vodou: Větší problém, než si myslíte. *Roklen24* [online]. 2017 [cit. 2018-12-15]. Dostupné z: <https://roklen24.cz/a/wCckg/plytvani-vodou-vetsi-problem-nez-si-myslite>
- [4] Tuhovčák, Adler, Kučera, Raclavský: *Vodárenství*, VUT v Brně, 2006
- [5] Úbytek podzemní vody je kritický, žízeň hrozí stamilionům. *Aktuálně.cz* [online]. 2015 [cit. 2018-12-15]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/zahranici/ubytok-podzemni-vody-je-kriticky-zizen-hrozi-stamilionum/r~1ae58750159a11e5a43f002590604f2e/>
- [6] Ztráty vody v potrubí se za 20 let snížily téměř o 200 milionů kubíků. *Naše voda: Informační portál o vodě* [online]. 17.10.2016 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/ztraty-vody-potrubi-se-za-20-snizily-temer-200-milionu-kubiku/>
- [7] Vyhláška č. 428/2001 Sb.: Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). *Zakony pro lidi* [online]. 11.12.2001 [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-428>
- [8] Podle ústního sdělení Ing. Jana Ručky, Ph.D. (Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební, ústav vodního hospodářství obcí, Veverí 331/95, 602 00 Brno-střed) dne 20. prosince 2018.
- [9] FANTOZZI, Marco a Allan LAMBERT. *Legitimate Night Use component of Minimum Night Flows Initiative: Report by Marco Fantozzi* [online]. In: . 2010, 6.6. [cit. 2018-10-28]. Dostupné z: <http://www.acquacon.com.br/waterloss2010/presentations/day9/08h30fantozzidia09sala2.pdf>
- [10] RACLAVSKÝ, Jaroslav, Ladislav TUHOVČÁK a Stanislav MALANÍK. *Rekonstrukce vodohospodářských sítí*. Studijní opora. Brno, 2006.
- [11] *CONTROL AND MITIGATION OF DRINKING WATER LOSSES IN DISTRIBUTION SYSTEMS* [online]. 2010, November, , 176 [cit. 2018-10-11]. Dostupné z: <http://www.awwa.org/portals/0/files/legreg/documents/waterlosscontrol508.pdf>
- [12] *Water Audits and Loss Control Programs: Third Edition* [online]. American Water Works Association, 2009 [cit. 2018-10-28]. ISBN 1-58321-631-6. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=ovIJkBVNM0QC&pg=PA273&dq=top+down+and+bottom+up+approach+water+balance&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjknPSSStabeAhUnNOwKHc7KAxQQ6AEIQDAE#v=onepage&q=top%20down&f=false>
- [13] *IWA Water Balance: IWA Best Practice Standard Water Balance* [online]. [cit. 2018-12-03]. Dostupné z: <https://www.leakssuite.com/concepts/iwa-water-balance/>

- [14] ALEGRE, Helena, Jaime Melo BPTISTA, Enrique CABRERA JR. a Francisco CUBILLO. *Performance Indicators for Water Supply Services: Second Edition*. London: IWA Publishing, 2006. ISBN 1843390515.
- [15] TUHOVČÁK, L. Vybrané statě z vodárenství. (přednáška Ztráty vody) Brno: VUT Brno, Fakulta Stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, 2017
- [16] TUHOVČÁK, Ladislav. *Metodika hodnocení technického stavu vodovodní sítě: Methodology of technical audit of water distribution network: teze habilitační práce*. Brno: VUTUM, 2010. ISBN 978-80-214-4200-6.
- [17] SAMIR, Nourhan, Rawya KANSO, Walid ELBARKI a Amr FLEIFLE. *Pressure control for minimizing leakage in water distribution systems* [online]. 2017, 1 August, , 12 [cit. 2018-10-30]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S1110016817302363>
- [18] *Water Leakage Monitoring & Reduction* [online]. [cit. 2018-11-01]. Dostupné z: <https://www.metaspere.co.uk/water-leakage-monitoring-reduction/>
- [19] *Sborník příspěvků VODA ZLÍN: XX. MEZINÁRODNÍ VODOHOSPODÁŘSKÁ KONFERENCE*. Moravská vodárenská, a.s. Olomouc: Tigris, 2016. ISBN 978-80-905716-2-4.
- [20] MORRISON, John. District Metered Areas: Guidance Notes. In: *International Water Association* [online]. 2007, February, s. 100 [cit. 2018-11-03]. Dostupné z: <http://operationandmaintenance.net/uploads/IWA%20Toolboxes/OM%20Toolbox/Images/EOM%20tool2%20DMA%20Guidance%20Notes.pdf>
- [21] SARDINHA, José, Francisco SERRANIT, Andrew DONNELLY a Vera MARMELO. *Active Water Loss Control: EPAL Technical Editions* [online]. EPAL, Empresa Portuguesa das Águas Livres S.A. 2017 [cit. 2018-12-16]. ISBN 978-989-8490-02-5. Dostupné z: <https://www.epal.pt/EPAL/docs/default-source/epal/technical-editions/active-water-loss-control.pdf?sfvrsn=6>
- [22] KINGDOM, Bill, Roland LIEMBERGER a Philippe MARIN. The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries: How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Contracting [online]. The World Bank Group, Water Supply and Sanitation Sector Board, Public-Private Infrastructure Advisory Facility, 2006, December, , 52 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/17238/394050Reducing1e0water0WSS81PUBLIC1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [23] LAMBERT, A.O., J. KOELBL a D. FUCHS-HANUSCH. *Interpreting ILIs in Small Systems* [online]. In: . [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: <http://www.leakssuite.com/wp-content/uploads/2014/10/Low-ILIs-paper-ALJKDFH19Oct.pdf>
- [24] NOVÁKOVÁ, Jana. *Vyhodnocení minimálních nočních průtoků ve vodovodní síti*. Brno, 2018. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.
- [25] *Ofwat - Meeting the demand for water*. London: The Stationery Office, 2007. ISBN 9780102944181.

- [26] HAMILTON, Stuart a Ronnie MCKENZIE. *Water Management and Water Loss*. London: IWA Publishing, 2014. ISBN 9781780406350.
- [27] HAN, Rui a Jun LIU. *Spectral Clustering and Genetic Algorithm for Design of District Metered Areas in Water Distribution Systems* [online]. In: . 2017, s. 152-159 [cit. 2018-11-03]. ISSN 1877-7058. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581731370X?via%3Dihub>
- [28] LAMBERT, Allan. Night-Day Factor NDF: What is the Night-Day Factor NDF and why is it important?. *Leakssuite* [online]. 2017, 14th November [cit. 2018-11-04]. Dostupné z: <http://www.leakssuite.com/night-day-factor-ndf/>
- [29] RUCKA, Jan, Jan HOLESOVSKY, Tomas SUCHACEK a Ladislav TUHOVCAK. *An Experimental Water Consumption Regression Model for Typical Administrative Buildings in the Czech Republic* [online]. In: . 2018, 4 April, s. 20 [cit. 2018-10-11]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/4/424>
- [30] LAMBERT, Allan. *FAVAD and NI Update: Fixed and Variable Area Discharges Update* [online]. In: . 2017, 6th November [cit. 2018-10-11]. Dostupné z: <http://www.leakssuite.com/favad-and-niupdate/>
- [31] LAMBERT, Allan, Marco FANTOZZI a Mark SHEPHERD. *FAVAD Pressure & Leakage: How does pressure influence NI?* [online]. In: . U.K.: IWA Water Efficient Bath, 2017, July [cit. 2018-10-11]. Dostupné z: <http://www.leakssuite.com/wp-content/uploads/2017/07/FAVAD-Pressure-Leakage-Lambert-et-al-PPT-14th-July.pdf>
- [32] LAMBERT, Allan. Night-Day Factor Update: Fast Track NDF calculations using the Correction Factor method. *Leakssuite* [online]. 2011 [cit. 2018-12-13]. Dostupné z: <http://www.leakssuite.com/night-day-factor-update/>
- [33] Valašské Meziříčí: O městě. *Valašské Meziříčí: OFICIÁLNÍ INTERNETOVÉ STRÁNKY* [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <http://www.valasskemezirici.cz/o-meste/ds-1002/archiv=0&p1=17576>
- [34] *Valašské Meziříčí* [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=17.9600219&y=49.4686235&z=12&source=muni&id=610>
- [35] Pitná voda. *Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s.* [online]. [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: https://www.vakvs.cz/pitna-voda/?fbclid=IwAR3OV_0uCn-lu6z715ZlvaKhzq8r7fDU4sBEAOP3gZMKNqG4aEVUBDKuIpc
- [36] RUČKA, Jan, Tomáš SUCHÁČEK, Jana NOVÁKOVÁ, Markéta RAJNOCHOVÁ a Eva NÁPLAVOVÁ. *Hydraulický simulační model vodovodu města Valašské Meziříčí: Průvodní a technická zpráva*. 2018.
- [37] MCKENZIE, Ronnie. Development of a standardized approach to evaluate burst and background losses in water distribution systems in South Africa. [Pretoria: Water Research Commission, 1999. ISBN 18-684-5490-8.
- [38] FANTOZZI, M. a A. LAMBERT. Residential Night Consumption – Assessment, Choice of Scaling Units and Calculation of Variability. *Water Loss*, 2012.

- [39] Porovnání všech položek výpočtu ceny pro vodné a stočné podle cenových předpisů pro vodné a stočné: Kalkulace ceny vody. In: *Vodovody a kanalizace Vsetín, a. s.* [online]. 2018 [cit. 2018-12-23]. Dostupné z: https://www.vakvs.cz/userfiles/admin/files/cena_vody/celk_vyuct_2017.pdf
- [40] *Vodovody kanalizace ČR 2017: Ekonomika, ceny, informace*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2017. ISBN 978-80-7434-464-0.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Systém bilančního vykazování ztrát vody dle IWA [14]	12
Tabulka 2 – Výkonnosti kategorie ILI [22]	17
Tabulka 3 – Hodnoty ekonomického indexu EI [16]	20
Tabulka 4 – Vyhodnocení ekonomického indexu ztrát EIZ [16]	20
Tabulka 5 – Srovnání hodnoty ukazatelů ztrát pro vybrané provozovatele vodovodů za rok 2017	21
Tabulka 6 – Vývoj množství ztrát vybraných ukazatelů pro Vak Vsetín, a. s. [24]	21
Tabulka 7 – Přístup „Top-Down“ [12], [14]	23
Tabulka 8 – Charakter měřicího okrsku dle hustoty zástavby [15]	32
Tabulka 9 – Hodnoty N1 a případy platnosti [30]	38
Tabulka 10 – Délky potrubí ve vybraných MO podle materiálu [36]	43
Tabulka 11 – Délky potrubí ve vybraných MO podle dimenze [36]	44
Tabulka 12 – Měřicí okrsy vodovodní sítě Valašské Meziříčí [36]	45
Tabulka 13 – Souhrnné informace vybraných MO	46
Tabulka 14 – Počet obyvatel na bytovou jednotku dle charakteru měřicího okrsku	46
Tabulka 15 – Charakteristika vybraných měřících okrků	48
Tabulka 16 – Přehled spotřeby vody v jednotlivých MO [36]	51
Tabulka 17 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 2 – TP 33, 34, 188, 223	52
Tabulka 18 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 3 – TP 174	53
Tabulka 19 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 5 – TP 80	55
Tabulka 20 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 6 – TP 80	56
Tabulka 21 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 11 – TP 117	58
Tabulka 22 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 12 – TP 41, 42, 172	59
Tabulka 23 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 13 – TP 90	61
Tabulka 24 – Přehled minimálních průtoků ve vybraných měřících okrcích	63
Tabulka 25 – Průměrné hodnoty nočních průtoků vybrané odběratele [37]	65
Tabulka 26 – Dekompozice MNP pro MO 2 – Štěpánov HTP – regulátor Hrachovec	69
Tabulka 27 – Dekompozice MNP pro MO 3 – ATS Štěpánov VDJ HTP	70
Tabulka 28 – Dekompozice MNP pro MO 5 – Štěpánov DTP – VŠ Sokolská	71
Tabulka 29 – Dekompozice MNP pro MO 6 – Štěpánov DTP – Tržnice & Tolstého	72
Tabulka 30 – Dekompozice MNP pro MO 11 – Juřinka	73
Tabulka 31 – Dekompozice MNP pro MO 12 – Poličná	74
Tabulka 32 – Dekompozice MNP pro MO 13 – Krhová starý – Hrádky	75
Tabulka 33 – Roční objem ztrát ve vybraných MO	76

Tabulka 34 – Vstupní bilanční údaje za rok 2017	76
Tabulka 35 – Ukazatele ztrát vody pro celé spotřebiště Valašské Meziříčí.....	77
Tabulka 36 – Přehled ukazatelů ztrát ve vybraných měřicích okresech	78
Tabulka 37 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 11 – TP 117	81
Tabulka 38 – Výsledky analýzy spotřeby vody pro MO č. 13 – TP 90	83

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Ukázka časového průběhu spotřeby vody ve vodovodní síti.....	8
Obrázek 2 – Technické požadavky na tlakové poměry ve vodovodní síti.....	9
Obrázek 3 – Závislost TNZ na hustotě přípojek a provozním tlaku [15]	15
Obrázek 4 – TNZ, SZ a jejich ovlivňující činnosti [18].....	16
Obrázek 5 – Hodnota ILI v závislosti na počtu vodovodních přípojek v MO [23]	18
Obrázek 6 – Počet poruch potrubí v závislosti na ILI [23]	19
Obrázek 7 – Rozdělení MNP na dílčí složky	29
Obrázek 8 – Schéma uspořádání měřicích okrsků – DMA [20]	30
Obrázek 9 – Teoretické minimální noční průtoky v závislosti na charakteru měřicího okrsku C [15]	33
Obrázek 10 – Úrovně rozkladu MNP [9]	35
Obrázek 11 – Rozdělení skutečných ztrát a jejich rozdíly [9]	36
Obrázek 12 – Průběh změny velikosti složek ztrát v závislosti na tlaku [9].....	36
Obrázek 13 – Závislost faktoru CF na poměru tlaků a hodnotě N1 [30]	39
Obrázek 14 – Závislost faktoru NDF na poměru tlaků a hodnotě N1 [30].....	40
Obrázek 15 – Situace širších vztahů [34].....	41
Obrázek 16 – Katastrální území [34]	42
Obrázek 17 – Schéma vodárenského systému Valašského Meziříčí a jeho přidružených částí [36]	43
Obrázek 18 – Procentuální zastoupení délky potrubí ve vybraných MO dle materiálu a dimenze	44
Obrázek 19 – Proces analýzy spotřeby vody [24].....	50
Obrázek 20 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 2 – TP 33, 34, 188, 223	52
Obrázek 21 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 2 – TP 33, 34, 188, 223	53
Obrázek 22 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 3 – TP 174	54
Obrázek 23 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 3 – TP 174	54
Obrázek 24 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 5 – TP 80	55
Obrázek 25 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 5 – TP 80	56
Obrázek 26 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 6 – TP 80	57

Obrázek 27 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 6 – TP 80	57
Obrázek 28 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 11 – TP 117	58
Obrázek 29 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 11 – TP 117	59
Obrázek 30 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 12 – TP 41, 42, 172	60
Obrázek 31 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 12 – TP 41, 42, 172	60
Obrázek 32 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 13 – TP 90	61
Obrázek 33 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 13 – TP 90	62
Obrázek 34 – Aktivita obyvatelstva vyjádřená v % [38]	64
Obrázek 35 – Přehled ukazatelů ztrát ve vybraných měřicích okresech	79
Obrázek 36 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 11 – TP 117	82
Obrázek 37 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 11 – TP 117	82
Obrázek 38 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v pracovním dni pro MO č. 13 – TP 90	84
Obrázek 39 – Časový průběh odběru vody z vodovodní sítě v den pracovního klidu pro MO č. 13 – TP 90	84

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

%	... Procento
% AO	... Procento aktivních obyvatel [%]
% VNF	... Procento vody nefakturované [%]
AC	... Azbestocement
AMR	... Automatic meter reading – automatické odečítání vodoměrů
ANU	... Assessed Night Use – odhadnutá noční spotřeba
ATS	... Automatická tlaková stanice
AWWA	... American Water Works Association – Americká asociace vodních děl
AZP _{AVE}	... Average Zone Pressure – průměrný provozní tlak v DMA [m v. sl.]
AZP _{MNF}	... Average Zone Pressure – provozní tlak v čase MNP [m v. sl.]
BJ	... Počet bytových jednotek [ks]
BL	... Undetectable Background Leakage – nezjistitelné skryté úniky
BLM	... Background Leakage on mains – nezjistitelné skryté úniky na vodovodu
BLS	... Background Leakage on service connection – nezjistitelné skryté úniky na vodovodní přípojce
C	... Charakter měřicího okrsku [–]
CARL	... Current Annual Real Losses
CF	... Correction Factor – opravný faktor [–]
CNL	... Customer Night Leakage – ztráty na vnitřním vodovodu
CNLI	... Customer Night Leakage Inside Buildings – ztráty na vnitřním vodovodu uvnitř budov
CNLO	... Customer Night Leakage Outside Buildings – ztráty na vnitřním vodovodu mimo budovy
ČOV	... Čistírna odpadních vod
ČR	... Česká republika
ČS	... Čerpací stanice
DL	... Daily Leakage – denní únik [$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$]
DL	... Detectable Burst Leakage – zjistitelné úniky
DLR	... Detectable Reported Bursts Leakage–not yet repaired – poruchy nahlášené–dosud neopravené
DLU	... Detectable Unreported Bursts Leakage – nenahlášené poruchy
DMA	... District Meter Area – měřicí okrsek
DN	... Dimenze potrubí
DN ₁₅₀	... Potrubí o DN 150
DN _i	... Skutečné DN potrubí, pro které stanovujeme koeficient přepočtu

DP	... Delivery Point – místo předání vody
DPH	... Daň z přidané hodnoty
DTP	... Dolní tlakové pásmo
EI	... Ekonomický index [–]
EIZ	... Ekonomický index ztrát [–]
ENU	... Exceptional Night Use – mimořádný noční odběr
EPA	... Environmental Protection Agency – Agentura životního prostředí
FAVAD	... Fixed and Variable Area Discharges
GAU	... Granulované aktivní uhlí
GSM	... Global System for Mobile Communication
HTP	... Horní tlakové pásmo
HZS	... Hasičský záchranný sbor
ILI	... Infrastructure Leakage Index – Index ztrát infrastruktury [–]
IWA	... International Water Association
IZ	... Index ztrát [–]
IZ	... Individuální zástavba
JÚVNF	... Jednotkový únik vody nefakturované [$\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$]
k_d	... Koeficient denní nerovnoměrnosti [–]
k_h	... Koeficient hodinové nerovnoměrnosti [–]
K_i	... Koeficient pro přepočet délky řadů
KÚ	... Katastrální území
L	... Délka vodovodní sítě [km]
L_0	... Hodnota úniku při počátečním tlaku P_0
L_1	... Hodnota úniku po změně tlaku $P_0 \rightarrow P_1$
LIT	... Litina
L_i	... Skutečná délka sítě se stejným DN
L_m	... Délka vodovodní sítě [km]
L_p	... Průměrná délka vodovodní přípojky
$L_{\text{přep.}}$	... Přepočtená délka potrubí o DN 150 [km]
L_t	... Celková délka vodovodních přípojek [km]
MNF	... Minimum Night Flow – minimální noční průtok
MNP	... Minimální noční průtok
MO	... Měřicí okrsek
N_1	... Opravný součinitel tlaku [–]

NASA	... National Aeronautics and Space Administration – Americký Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
NC	... Night Consumption – noční spotřeba
NDF	... Night-Day Factor – denní faktor [$\text{hod} \cdot \text{den}^{-1}$]
NLR	... Night Leakage Rate – noční únik v čase MNP [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]
NNF	... Net Night Flow – hranice MNP
NS	... Celková očekávaná noční spotřeba
N_s	... Počet vodovodních přípojek [ks]
NU	... Night Use – skutečná noční spotřeba
OC	... Ocel
OVGW	... Österreichische Vereinigung für das Gas-und Wasserfach – Rakouská asociace pro plynárenský a vodárenský průmysl
P	... Průměrný provozní tlak [m v.sl.]
P_0	... Počáteční hodnota průměrného provozního tlaku [m v.sl.]
P_1	... Průměrný provozní tlak [m v. sl.]
PE	... Polyethylen
PK	... Přerušovací komora
PO	... Počet obyvatel
PP	... Počet vodovodních přípojek [ks]
PVC	... Polyvinylchlorid
Q_h	... Maximální hodinová potřeba vody [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$; $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]
$q_{\text{JSU,BJ}}$	... Jednotkový skrytý únik na bytovou jednotku [$\text{l} \cdot \text{bj}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$]
$q_{\text{JSU,PRIP}}$	... Jednotkový skrytý únik na vodovodních přípojkách [$\text{l} \cdot \text{příp}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$]
$q_{\text{JSU,VOD}}$	... Jednotkový skrytý únik na km řadu [$\text{l} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$]
Q_m	... Maximální denní potřeba vody [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$; $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$]
Q_{min}	... Minimální noční průtok z dat po vyčištění [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]
Q_{NS}	... Celková běžná noční spotřeba [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]
$Q_{\text{NS,D}}$	... Běžná noční spotřeba domácností [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]
$Q_{\text{NS,OO}}$	... Běžná noční spotřeba ostatních odběratelů [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]
$Q_{\text{NS,VO}}$	... Běžná noční spotřeba velkoodběratelů [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]
Q_p	... Průměrná denní potřeba vody [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$; $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$]
Q_{POR}	... Potencionální poruchový únik – ztráty způsobené poruchami potrubí [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]
q_{spec}	... Specifická potřeba vody [$\text{l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$]
$q_{\text{SPEC,NS}}$	... Specifický průtok pro obyvatelstvo v době MNP [$\text{l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$]
$Q_{\text{SU,VV}}$	... Skryté úniky na vnitřním vodovodu [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]

Q _{SU}	... Celkové skryté úniky [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]
Q _{SU,PRIP}	... Skryté úniky na vodovodních přípojkách [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]
Q _{SU,VOD}	... Skryté úniky na vodovodním řadu [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]
RV	... Regulační ventil
SMZ	... Smíšená městská zástavba
SU ₀	... Suma skrytých úniků při výchozím tlaku 50 m v. sl. [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]
SU ₁	... Suma skrytých úniků při průměrném provozním tlaku [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$]
SZ	... Sídlištní zástavba
SZ	... Skutečné ztráty [$\text{l} \cdot \text{příp}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$]
TNZ	... Teoreticky nevyhnutelné ztráty [$\text{l} \cdot \text{příp}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$]
TP	... Tlakové pásmo
UARL	... Unavoidable Annual Real Losses
UNL	... Utility Night Leakage – ztráty na veřejném vodovodu
ÚV	... Úpravna vody
Vak, a. s.	... Vodovody a kanalizace Vsetín, a. s.
VDJ	... Vodojem
VFC	... Voda fakturovaná celkem [$\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$]
VFD	... Voda fakturovaná domácnostem [$\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$]
VFO	... Voda fakturovaná ostatním odběratelům [$\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$]
VMO	... Vodovody malých obcí
VNF	... Voda nefakturovaná [$\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$]
VNFP	... Množství vody nefakturované na vodovodní přípojku [$\text{l} \cdot \text{př}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$]
VS	... Vlastní spotřeba [$\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$]
VVR	... Voda vyrobená k realizaci [$\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$]
ZO	... Počet zásobovaných obyvatel z veřejného vodovodu
ZV	... Ztráty vody [$\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$]

SEZNAM PŘÍLOH

1. Přehledná situace vodovodní sítě Valašské Meziříčí

SUMMARY

The diploma thesis was focused on problems of analysis of the time series of outflows from the reservoir together with the issue of minimum night flow. The aim of the theoretical part was the research on the drinking water consumption analysis, the issue of minimum night flow and the basic indicators of water losses. Within the practical part, the findings from the above mentioned research were applied to the water supply network of the town of Valašské Meziříčí.

The first chapter of the theoretical parts of the diploma thesis defines the basic terminology of water consumption and water loss analysis. The basic indicators of water consumption and their coefficient of inequality, basic variables, time courses of water consumption and pressure conditional in the water supply network were presented. In the second subchapter there was defined the issue of water loss distribution according by IWA, followed by basic water loss indicators, water loss indicators for selected water companies. Two approaches to determining the amount of real losses were described. The next chapter deals with the issue of measuring and evaluating the minimum night flow. The chapter contains the conditions for designing measuring ranges.

The practical part was focused on the analysis of drinking water consumption, from which the minimum night flow was subsequently evaluated and the water loss indicators from the water network of the town of Valašské Meziříčí, which is operated by the Water and Sewerage Vsetín, as, were determined. The next chapter was characterized by the interest area and the water supply system. In addition, seven selected district metered areas were described, for which a water consumption analysis was processed, the results were given in the other subchapters. Subsequently, an overview of the minimum night flow was interpreted, the way of its decomposition resulting in the determination of the potential fault leakage for the selected district metered areas. At the end of the chapter the values of the individual water loss indicators were evaluated.

Based on the results of the water consumption analysis, the assessment of the minimum night flow and the determination of water loss indicators, we can say that the water supply network of the town of Valašské Meziříčí is in very good technical condition and is very well operated. There is no significant water leak in the selected district metered areas. Further loss reduction could therefore be uneconomical. To further reduce losses, it is desirable to carry out thorough analyzes of effectiveness.

The final work corresponds to the requirements stated in the thesis assignment.